Rare!

Georges d'Infreville

TRAITÉ
D'HORLOGERIE.

TRAITÉ
D'HORLOGERIE,

CONTENANT

TOUT CE QUI EST NÉCESSAIRE

POUR BIEN CONNOÎTRE ET POUR RÉGLER

LES PENDULES ET LES MONTRES,

La Description des Piéces d'Horlogerie les plus utiles, des répétitions, des équations, des Pendules à une roue, &c. celle du nouvel échapement, un Traité des engrénages, avec plusieurs Tables, & XVII. Planches en Taille-douce :

Augmenté de la Description d'une nouvelle PENDULE POLICAMÉRATIQUE.

Par Mr J. A. LEPAUTE, Horloger du Roi.

A PARIS,

Chez SAMSON, Libraire, Quai des grands Augustins, au coin de la rue Gît-le-Cœur.

M. DCC. LXVII.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÉGE DU ROI.

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/traitedhorlogeri00lepa

A MONSIEUR
LE MARQUIS
DE MARIGNY,

CONSEILLER du Roi en ſes Conſeils, Directeur & Ordonnateur Général de ſes Bâtimens, Jardins, Arts, Académies & Manufactures Royales.

MONSIEUR,

Les fonctions de Protecteur des Arts que l'autorité Royale vous a ſi juſtement &

*

ſi heureuſement confiées, ſont au nombre des choſes les plus intereſſantes dans le Gouvernement interieur d'un Etat, & les plus propres à procurer le bonheur des ſujets, la gloire du Monarque, & l'admiration des Etrangers.

Tous les hommes, MONSIEUR, *s'emblent s'être accordés à regarder la privation des Arts comme la choſe qui diſtinguoit une aſſemblée de Barbares d'un Etat floriſſant. Les Romains même ſi jaloux & ſi fiers de la grandeur imaginaire que leur avoient acquis pluſieurs ſiecles d'uſurpations & de victoires, rendoient hommage à la Grece, & envoyoient la fleur de la jeuneſſe Romaine dans le climat qui donnoit naiſſance aux Appelles, aux Phidias, aux Protogenes, aux Policletes.*

Vous rempliſſez, MONSIEUR, *dans*

toute ſon étendue, le Miniſtere important qui vous eſt confié, & il n'eſt perſonne parmi ceux qui cultivent les Arts, qui ne ſe félicite de vous avoir pour temoin & pour arbitre de ſes ſuccès; le déſir de mériter vos éloges forme l'objet de leur émulation, & le bonheur de les avoir obtenus, eſt la plus chere récompenſe de leurs travaux.

A ce titre, MONSIEUR, *vous avez un droit acquis à tous les Ouvrages qui ſe publient dans ce genre, & qui ont pour objet ou d'inſtruire les artiſtes, ou de répandre dans le Public les lumieres qu'ils ont acquiſes.*

J'ai donc lieu d'eſpérer, MONSIEUR, *que vous recevrez favorablement celui que j'ai l'honneur de vous préſenter; c'eſt le tribut d'une reconnoiſſance que j'ai ſouhaité de pouvoir rendre publique, depuis plu-*

ſieurs années que j'ai l'honneur de loger au Palais du Luxembourg, & de travailler pour SA MAJESTE', *ſous vos ordres.*

Je ſuis avec un profond reſpect,

MONSIEUR,

Votre très-humble & très-obéiſſant Serviteur,

LEPAUTE.

PREFACE

HISTORIQUE.

L'HORLOGERIE traitée avec toutes les lumiéres néceſſaires pour ſa perfection, ou même telle qu'elle ſubſiſte aujourd'hui, entre les mains de nos plus habiles Artiſtes, va ſans doute de pair avec les Arts les plus diſtingués & les plus utiles.

Tout ce que la théorie & le raiſonnement ont de plus relevé, tout ce que l'exécution & la pratique ont de plus fin & de plus délicat, ſe trouve réuni dans l'Horlogerie; c'eſt elle qui nous préſente les chefs-d'œuvres les plus ſurprenans de l'adreſſe des hommes; c'eſt d'elle que l'Aſtronome attend toute la préciſion de ſes travaux, le Navigateur ſa ſûreté, l'un & l'autre la connoiſſance ſi déſirée des longitudes, dont l'Horlogerie nous a déja ſi fort approché.

L'on peut dire enfin que l'ordre & la multitude de nos affaires, de nos devoirs, de nos amuſemens, notre exactitude dans les uns, notre inconſtance dans les autres, notre habitude enfin, nous ont rendu l'Horlogerie indiſpenſable, & l'ont miſe au nombre des beſoins réels de la vie.

L'uſage des Cadrans Solaires a été preſque juſqu'au dernier ſiécle le ſeul moyen que l'on eut pour la diviſion du tems, cependant l'uſage des Clepſydres qui marquoient les heures par la chûte & l'écoulement de l'eau avoit été imaginé même avant J. C. par *Cteſibius*, ſuivant *Vitruve*, Liv. IX. ou par *Scipion Naſica*, ſuivant Pline Liv. VII. Chap. 60. malgré cela l'on voit encore vers le XII. ſiecle dans la *Bibliotheque de Cluny*, que le Sacriſtain ſortoit la nuit pour regarder la hauteur des étoiles, afin d'éveiller les Religieux à l'heure de l'Office. C'eſt une grande queſtion que de ſavoir ſi l'on connoiſſoit anciennement l'uſage des roües dentées par le moyen deſquelles on peut produire toutes ſortes de mouvemens & de viteſſes différentes; la fameuſe Sphère *d'Archimede* qui vivoit

200 ans avant J. C. & celle de *Poſſidonius* environ 80 ans plus tard, doivent nous faire croire qu'on les employoit au moins dans des machines que l'on faiſoit tourner avec la main, mais il ne paroît pas qu'on s'en ſervit alors pour faire marquer les heures, ſi ce n'eſt dans les Clepſydres.

Le paſſage de *Baton* rapporté par *Athenée*, ſurtout de la maniere dont le traduit M. *Falconet* dans les Mémoires de l'Académie Royale des Inſcriptions & Belles Lettres, Tom. XX. pag. 447. ne prouve point que l'on porta avec ſoi des Horloges à Athènes ; d'ailleurs ce paſſage eſt unique; mais ſi cela eût été, ce n'auroient pû être que de petites Sphères faiſant la fonction des anneaux aſtronomiques que nous employons tous les jours ; puiſqu'on connoiſſoit déja aſſez les cercles de la Sphère, Anaximander ayant fait un Cadran Solaire à Lacédémone 540 ans avant J. C. Il eſt conſtant même que les Horloges de *Caſſiodore* envoyées en 490 à *Gondebault* Roi de Bourgogne, par Théodoric, & celle qu'*Aaron* Roi de Perſe envoyoit à Charlemagne en 809, étoient des

Clepſydres auſſi bien que celles de *Pacificus* Archidiacre de Vèronne mort en 846.

Mais il y a à ce ſujet une erreur fort accréditée, fondée ſur un paſſage de *Ditmar* mal interprêté. *Gerbert*, né en Auvergne, d'abord Religieux dans l'Abbaye de S. Gérard d'Orillac, qui avoit étudié les Mathématiques, depuis Archevêque de Rheims, & enſuite Pape ſous le nom de Sylveſtre II. fit en 996. à Magdebourg une Horloge fameuſe, que tout le monde a regardé comme un prodige; on peut voir ce fait ſçavamment diſcuté à la fin du VI. Tome de l'hiſtoire litteraire de la France, donnée par les PP. Bénédictins; mais il eſt évident par le texte même, que ce n'étoit qu'un Cadran Solaire, puiſqu'il paroît qu'il s'étoit conduit dans cet ouvrage en conſidérant l'étoile polaire.

La premiere Horloge dont l'Hiſtoire ait fait mention, & qui paroiſſe avoir été conſtruite ſur le principe des nôtres, eſt celle de *Richard Walingfort*, Abbé de S. Alban en Angleterre, qui vivoit en 1326. (*Epitome Conrardi Geſneri* pag. 604.)

La ſeconde eſt celle que *Jacques de Dondis*

dis fit faire à Padoüe en 1344. on y voyoit le cours du Soleil & des Planettes; ce bel ouvrage lui mérita le ſurnom d'*Horologius* dont ſa famille ſe fait honneur à Florence où elle ſubſiſte encore.

La troiſiéme, eſt l'Horloge du Palais, à Paris, pour laquelle Charles V. fit venir d'Allemagne *Henri de Vic*; elle fut faite en 1370. ſuivant *Froiſſart*, (Tome II. Chap. 128.)

La quatriéme, eſt celle que le Duc de Bourgogne fit enlever de Courtrai & placer ſur la tour de Notre-Dame à Dijon, en 1382. dont Froiſſart a beaucoup parlé.

Henri II. fit faire celle d'Anet où l'on voyoit une meûte de chiens qui marchoient en aboyant, & un cerf qui avec le pied frapoit les heures.

Tout le monde connoit la fameuſe Horloge de Straſbourg; une tradition ridicule porte que Copernic en étoit l'Auteur, & qu'on lui fit crever les yeux pour empêcher qu'il n'en fit ailleurs une ſemblable; cette fable eſt venue de ce que l'on voit au bas de cette Horloge le portrait de Copernic avec celui de pluſieurs autres Philoſophes;

Conrad Daſypodius qui a donné une deſcription de ce bel ouvrage en 1580. en eſt regardé comme l'Auteur, (*Melchior Adam*, vita Germ. philoſ.)

L'Horloge de Lion également célebre, fut conſtruite en 1598. par *Nicolas Lippius* de Baſle, rétablie & augmentée en 1660. par Guill. Nourriſſon habile Horloger de Lion. *Pontus de Tyard* parle dans ſes œuvres philoſophiques des Horloges de Nuremberg où les jours & les nuits malgré leurs inégalités, étoient partagés chacun également pendant toute l'année; l'on a auſſi admiré les Horloges de *Lunden* en Suéde, de *Medina del Campo*, d'*Auſbourg*, de *Liége*, de *Veniſe*, &c.

Ce n'eſt plus à ces raretés prétendues que l'on attache aujourd'hui du mérite, mais à la bonté des ouvrages, à leur ſimplicité, à leur perfection & à l'utilité de leurs effets, auſſi en fait-on aujourd'hui rarement de la nature de ceux que nous venons de citer; l'on voit cependant actuellement à Verſailles dans les appartemens de Sa Majeſté une aſſez belle Horloge ſous un vo-

lume médiocre, faite en 1706. par Antoine Morand, de Pontevaux en Breſſe, quoiqu'il ne fût point Horloger; toutes les fois que l'heure ſonne, deux cocqs placés ſur le haut de la piece chantent chacun trois fois en battant des aîles; en même tems des portes à deux ventaux s'ouvrent de chaque côté, & deux figures en ſortent portant chacune un timbre, en maniere de bouclier, ſur leſquels deux amours placés aux deux côtés de l'Horloge, frappent alternativement les quarts avec des maſſües. Une figure de Louis XIV. ſemblable à celle de la place des Victoires, ſort du milieu de la décoration. On voit en même-tems s'ouvrir au-deſſus de lui un nuage d'où la Victoire deſcend, portant dans la main droite une couronne qu'elle tient ſur la tête du Roi pendant l'eſpace d'une demi-minute que dure un carillon fort agréable à la fin duquel Louis XIV. rentre, la Victoire remonte, les figures ſe retirent, les portes ſe ferment, les nuages ſe réuniſſent & l'heure ſonne.

On voit auſſi à Verſailles la Sphère de M. *Paſſemant*, exécutée par M. *Dauthiau*,

dans laquelle tous les mouvemens céleſtes ſe font avec exactitude ſuivant l'ordre & la durée des moyens mouvemens, reconnus par tous les Aſtronomes.

Quoique l'uſage de l'Horlogerie ſoit aujourd'hui ſi répandu dans le Public, la connoiſſance en paroît encore reſtrainte autant que jamais dans le petit nombre de ceux à qui leurs travaux ou leurs études en ont rendu la pratique plus néceſſaire.

Il ſeroit cependant à ſouhaiter que tous ceux qui font uſage des Pendules & des Montres les connuſſent aſſez pour être en état de les conduire, d'en apprécier la valeur, d'en connoître la juſteſſe ou les dérangemens.

Par ce moyen on éviteroit également un excès de confiance dans de mauvais ouvrages, & l'eſpece d'injuſtice que l'on commet ſouvent, faute de connoître les bons.

Nous ne verrions pas des perſonnes attendre de leurs Montres une exactitude déraiſonnable, d'autres en faire des éloges abſurdes, & preſque tous ſe tromper dans les jugemens qu'ils en portent.

Il faut convenir auſſi que nous avons en Horlogerie trop d'Ouvriers & trop peu de véritables Artiſtes ; les ſecours de la Phyſique & de la Géométrie y ſont trop négligés ; on eſt trop peu accoûtumé à raiſonner ſur cet art, pour que l'on puiſſe même tirer des expériences tout le ſecours qu'elles devroient nous procurer ; de-là vient auſſi le peu d'ouvrages que nous avons dans ce genre, ſur lequel il y avoit tant à écrire, & ſur lequel on n'a pour ainſi dire, rien écrit.

C'eſt pour y ſuppléer que M. Sully fit imprimer en 1717. l'ouvrage qu'il appella *Regle artificielle du tems*, dont M. Julien le Roi donna une ſeconde édition en 1737. augmentée de pluſieurs ouvrages de ſa façon.

Cette deuxiéme édition ayant diſparu à ſon tour, la néceſſité d'en faire une troiſiéme, nous a fait ſouhaiter de lui ſubſtituer un Ouvrage plus parfait & plus utile par rapport à ſon objet & à l'état actuel de l'Horlogerie ; dans cette vûe, nous avons crû devoir abandonner l'ouvrage de M. Sully, & à peine lui avons-nous conſervé

des veſtiges de ſa premiere forme, de ſorte qu'on peut dire que le Livre de M. Sully ne nous a ſervi que d'occaſion plûtôt que de modele.

M. Sully peu fait au métier d'Ecrivain, n'avoit pû mettre ni de l'ordre, ni du ſtyle, ni de l'expreſſion, ni même de la clarté dans ſon ouvrage, & ſon Editeur d'ailleurs occupé des devoirs de ſon état & de ſes propres vües, avoit mieux aimé augmenter un ouvrage utile que de s'occuper à le rectifier, & à en faire un ouvrage agréable; ainſi après une métamorphoſe totale, nous nous ſommes trouvés obligés de changer auſſi, quoiqu'à regret, un titre que M. Sully & la réputation de M. le Roi avoient rendu reſpectable.

Nous avons crû devoir donner ici au Public les principes néceſſaires pour la connoiſſance des Horloges, & la maniere de les regler, comme l'avoit fait M. Sully; mais hors de-là nous nous ſommes ſurtout propoſé de publier ce qui s'eſt fait de plus intéreſſant & de plus nouveau dans l'Horlogerie depuis la publication faite en 1741. du grand Traité d'Horlogerie de M. Thiout

l'aîné, dans lequel il a recueilli tout ce qui s'étoit fait avant lui, avec un ſoin & un travail dont on voit peu d'exemples; nous eſperons continuer par la ſuite le recueil de tout ce qui s'eſt fait & de tout ce qui ſe fera de remarquable dans ce genre; quant à préſent notre intention n'eſt pas de raſſembler beaucoup de choſes, mais ſeulement ce qui s'employe ou ce qui peut s'employer journellement, auſſi bien que les choſes nouvelles, curieuſes & utiles qui ſont toujours en petit nombre; nous ne parlerons même des Pendules à une roüe qu'à cauſe de leur nouvauté & de leur célébrité, qui ont excité la curioſité de beaucoup de perſonnes qui ne ſont pas à portée de les voir.

Nous y avons joint des Tables qui peuvent être d'un uſage journalier pour toutes ſortes de perſonnes, mais ſurtout des Horlogers.

Il nous reſte à dire un mot de la vie de M. Sully, d'après ce que M. *le Roy* ſon contemporain & ſon ami avoit donné au Public dans la ſeconde édition de la regle artificielle du tems; M. Sully a trop con-

tribué au progrès de notre art pour que l'on doive oublier d'en faire honneur à ſa mémoire, ſurtout dans un ouvrage qui lui doit ſa premiere origine.

M. Sully éleve de M. *Gretton* célebre Horloger de Londres, montra de bonne heure un génie appliqué, & tourné du côté de l'invention; il fit dès ſes premieres années des recherches pour les longitudes, qui le firent connoître & eſtimer de M. Newton; il paſſa enſuite en Hollande, delà à Vienne auprès du Prince Eugene, où il s'occupa de la lecture des Mémoires de l'Académie, & de tout ce qui pouvoit l'éclairer.

Il vint enſuite avec M. le Duc d'Aremberg à Paris, où il fit une connoiſſance particuliere avec M. Julien le Roy qui nous a tranſmis une partie de ſa vie.

M. le Duc d'Orléans Régent lui donna une gratification de 1500 liv. & le chargea d'aller chercher à Londres des Horlogers, habiles pour établir à Verſailles une Manufacture d'Horlogerie, elle fut établie en effet, & il en fut fait Directeur; cette place lui forma un état extrémement commode

de & avantageux, & l'engagea à remettre à M. le Duc d'Aremberg une penſion de 600 liv. qu'il lui faiſoit ; cependant quelque tems après M. Sully perdit ſa place, il ſollicita pour lors M. le Maréchal de Noailles d'établir à S. Germain une autre Manufacture, que l'émulation pourroit ſoûtenir & élever peut-être au-deſſus de celle de Verſailles, & il y réuſſit. Les troubles & les révolutions de fortune qui agiterent bientôt la France y ayant diminué le goût des arts, & l'argent néceſſaire pour les faire fleurir, les Manufactures tomberent, l'Angleterre en profita pour engager M. Sully à repaſſer la mer avec tous les Ouvriers qu'il pourroit y déterminer. Il retourna en effet dans ſa Patrie, mais le peu de ſecours qu'il y trouva, joint à ſon inclination pour la France, le ramenerent bientôt à Verſailles, là devenu plus laborieux & moins prodigue, il acquit en peu de tems l'eſtime de toute la Cour, & il ſe trouva bientôt par ſon travail au-deſſus de ſes affaires.

Ce fut alors qu'il conſtruiſit ſon Horloge à levier horiſontal pour l'uſage de la

Marine, à laquelle il appliqua ſon nouvel échapement dont il eſpéroit la plus grande juſteſſe, il la préſenta à l'Académie, & il obtint du Roi peu après une penſion de 600 liv. qu'il a toujours conſervé depuis.

Cet Horloge étoit en effet travaillée dans la derniere perfection, & elle alla pendant pluſieurs ſemaines avec une extréme juſteſſe; tous les Curieux, François ou Etrangers, s'empreſſerent à en avoir; il recueillit d'abord un grand nombre de ſouſcriptions, au moyen deſquelles il raſſembla beaucoup d'Ouvriers pour travailler à ces nouvelles Horloges.

Mais dans le cours de ſes travaux il s'apperçut que ſon Horloge ceſſoit d'aller avec la même juſteſſe; les frottemens devenus variables au bout d'un certain tems dans ſon échapement, en étoient ſans doute la cauſe, & il fut enfin obligé de l'abandonner pour y ſubſtituer l'échapement à roüe de rencontre.

En 1726. M. Sully fit un voyage à Bordeaux pour aller en mer faire des expériences ſur la régularité de ſon Horloge: on peut voir le détail de ces expériences

dans l'ouvrage qu'il publia à cette occaſion, & qui a pour titre *Deſcription d'une Horloge d'une nouvelle invention, &c.*

On peut juger avec quelle diſtinction & quel acueil il fut reçu de tous les Curieux, dans cette Ville où les Arts & les Siences étoient déja connus & cultivés.

A ſon retour à Paris ſes affaires ſe trouverent un peu dérangées; trop de délicateſſe & de ſenſibilité aux événemens de la vie auxquels il n'étoit point préparé, mais dont il fut ſi ſouvent agité, avoient déja pluſieurs fois cauſé de l'altération à ſa ſanté: il fut cette fois long-tems malade.

Dès qu'il fut rétabli, il entreprit de tracer une Méridienne dans l'Egliſe de S. Sulpice que l'on venoit de bâtir; l'ouverture étoit à 75 pieds de haut, & à 180 pieds du mur oppoſé, c'eſt ce même ouvrage qui a été refait de nouveau par M. le Monnier, ſous les ordres de l'Académie, lorſqu'il a fallu y conſtruire un obéliſque & y placer un objectif de 80 pieds de foyer.

En 1728. il publia un petit ouvrage ſous le titre de *Méthode pour regler les Montres & les Pendules*, dans lequel il

donnoit le plan d'un grand Traité d'Horlogerie qu'il eſpéroit peut-être de compoſer; il y annonçoit auſſi une ſeconde édition de la *Regle artificielle du tems*, & un autre Ouvrage intitulé, *Nouvelle pratique pour connoître plus exactement les longitudes dans la navigation.*

Ce fut vers ce même tems que quelques-uns de ceux qui avoient compoſé la Société des Arts, ſous la protection de M. le Régent, ayant formé le deſſein de ſe réunir pour reprendre leurs exercices, il ſe donna tous les ſoins imaginables pour faire réuſſir ce projet, & paya lui-même une ſalle dans laquelle on recommença les Aſſemblées.

Dans la derniere où il ſe trouva, il lût une Lettre de M. Grégori, qu'il avoit traduite de l'Anglois, ſur l'utilité des Mathématiques.

Après avoir montré une ardeur infinie pour tout ce qui tendoit à l'avantage des Arts, il périt martyr de ſon zele, pour la Société des Arts dont il avoit été le Héros.

En effet, ayant appris qu'une perſonne qui demeuroit au Fauxbourg S. Marceau,

avoit deſſein de préſenter à cette Société quelqu'ouvrage de nouvelle invention, il courut le chercher, ſur une fauſſe adreſſe, & ſe donna tant de mouvemens & de peine ce jour-là, qu'il fut attaqué d'une fluxion de poitrine dont il mourut au mois d'Octobre 1728. il fut inhumé à S. Sulpice au pied du Sanctuaire, & proche de la Méridienne qui étoit ſon ouvrage.

M. Sully fut un de ces génies heureux, propres à faire honneur à leur état & à leur ſiécle; on ne peut diſconvenir qu'il n'ait eu une très-grande part à la révolution arrivée dans l'Horlogerie, & qui a mis la France à ſon tour dans le rang de ſupériorité que l'Angleterre lui diſputoit au commencement de ce ſiécle. Les deux Manufactures de Verſailles & de S. Germain, quoiqu'elles n'ayent ſubſiſté que deux ans, exciterent parmi les Horlogers de Paris une émulation qui fut très-avantageuſe à la France.

M. Gaudron ſurtout, Horloger de M. le Régent, noublia rien pour balancer les prodiges que les Manufactures ſembloient promettre à la France, & ce fut alors qu'il

imagina la Pendule ingénieuſe dont le poids eſt remonté par un reſſort, & que l'on a imité depuis en diverſes manieres : on en trouvera la deſcription Page 121 ; ces habiles gens ont été remplacés par un grand nombre d'autres que leur réputation actuelle nous diſpenſe de célébrer.

AVIS. Nous finirons par un avis utile dont il eſt à ſouhaiter que les Horlogers & les Amateurs veuillent profiter pour l'utilité publique & le progrès de l'Art. Il ſe fait tous les jours en Horlogerie des ouvrages nouveaux, ou qui par quelque perfection nouvelle mériteroient de paſſer dans le Public & d'être connus des Horlogers : nous en avons même déja recueilli un certain nombre, & nous n'attendons que d'avoir aſſez de matériaux pour former un ſecond Volume à cet Ouvrage ; pour cela nous invitons un chacun à nous adreſſer, au Luxembourg à Paris, ſoit du Royaume, ſoit des Pays étrangers, des deſcriptions & des deſſeins de ce qui paroîtra mériter l'impreſſion : nous ne manquerons jamais d'en faire uſage, & d'en rendre compte aux Auteurs, qui pourront d'ailleurs aſſurer la date

de leurs ouvrages par les voyes qui leur paroîtront les plus ſûres ; c'eſt là le ſeul moyen de continuer ce que la Société des Arts, (en particulier M. *Gallon*, Ingénieur) & enſuite M. Thiout ont entrepris de faire, il y a déja pluſieurs années, & de ſuppléer à la rareté du recueil de machines que l'Académie des Sciences fait imprimer de tems à autre.

On comprend dans ce projet tout ce qui a quelque rapport à l'Horlogerie, toutes les idées qui peuvent en étendre la théorie, & les machines qui ſervent à en perfectionner la pratique; telles ſont des machines ou des outils à refendre, à polir, à tailler des fuſées, à former des pilliers, à faire des engrennages ; des méthodes pour corriger les inégalités des balanciers, ou celles des reſſorts, des frottemens & des métaux ; toutes ſortes d'échapemens, de détentes, de conduites, de batteries, de calibres ; des réveils, des ſonneries, des remontoirs, des répétitions, des cadratures ; des Pendules ou des Montres à trois ou à quatre parties, propres à marquer d'une maniere nouvelle ou ingénieuſe les quantiémes de

mois, les heures Italiques, Judaïques, Babilonniennes & celles des différens Pays de la Terre; les Horloges qui ſonnent les heures, les quarts & les minutes ou qui les répétent; celles qui vont ſans aucun bruit, ou qui n'ont point de roües; toutes ſortes de ſphères ou de machines mobiles par un principe *interne* de mouvement, enfin celles qui ſont propres à produire d'une maniere ingénieuſe des effets ſinguliers, telles ſont celles dont nous avons parlé, *pag.* xj. celles qui ſont décrites dans les *Technica curioſa* du P. *Schott*, 1664. & dans la deſcription du Cabinet de M. *de Servieres* 1719. ou les fameuſes Automates de M. de Vaucanſon. Au reſte ces ſortes d'inventions ne ſauroient avoir de mérite réel qu'à proportion de leur nouveauté, de leur ſimplicité, des vûes qu'elles préſentent, ou des conſéquences utiles que l'on pourroit en tirer.

TABLE
DES CHAPITRES.

PREMIERE PARTIE.

CHAPITRE Premier. *Des Horloges en général.* Pag. 1

CHAP. II. *Deſcription d'une Pendule à ſecondes.* 6

CHAP. III. *Deſcription d'une Montre ordinaire à roüe de rencontre.* 24

CHAP. IV. *Remarques ſur le choix des Montres.* 43

CHAP. V. *Maniere de faire avancer ou retarder une Montre, par le moyen du reſſort ſpiral.* 52

CHAP. VI. *Comparaiſon des Horloges & des Montres, de leur conſtruction & de leur exactitude.* 58

CHAP. VII. *Examen de toutes les parties d'une Montre, avec un détail de toutes les attentions néceſſaires pour repaſſer ou finir un mouvement & pour le réparer.* 67

CHAP. VIII. *Méthode pour connoître la marche*

d'une Pendule par le moyen du Soleil & des Etoiles fixes. 80

SECONDE PARTIE.

CHAPITRE Premier. *Deſcription d'une Pendule à reſſort, ſonnant l'heure & la demie.* Pag. 95

CHAP. II. *Deſcription d'une Pendule à répétition.* 100

CHAP. III. *Cadrature de répétition, avec la piece appellée* Tout-ou-rien. 109

CHAP. IV. *Deſcription d'une Pendule à quatre parties.* 112

CHAP. V. *Deſcription d'un Réveil de la conſtruction la plus parfaite pour les Montres.* 115

CHAP. VI. *Deſcription d'une cadrature de Montre à répétition.* 117

CHAP. VII. *Deſcription d'une Pendule à remontoir, c'eſt-à-dire, dans laquelle le poids moteur ne deſcend que d'une ligne, étant remonté continuellement par un reſſort.* 121

CHAP. VIII. *Deſcription d'une Pendule qui eſt continuellement remontée par le ſeul mouvement de l'air.* 125

CHAP. IX. *Pendule à une roüe faite en* 1751. 129

CHAP. X. *Deſcription d'une Pendule faite ſans*

roües de mouvement, & avec deux ſeules roües de cadrature, inventée au mois d'Août 1752. 135

CHAP. XI. *Deſcription d'une nouvelle Pendule à une roüe, avec la ſonnerie ſans roüage & par un ſeul chaperon.* 139

CHAP. XII. *Deſcription d'une groſſe Horloge horiſontale.* 146

CHAP. XIII. *Traité des échapemens.* 153

CHAP. XIV. *Deſcription de mon nouvel échapement à repos, inventé au commencement de l'année* 1753. 191

CHAP. XV. *Pendule à équation*, c'eſt-à-dire, *qui marque le tems vrai & le tems moyen, par une ſeule éguille.* 211

CHAP. XVI. *Deſcription d'une cadrature de Pendule, propre à faire marquer le tems vrai & le tems moyen, par deux éguilles de minutes, de la maniere la plus ſimple.* 215

CHAP. XVII. *Maniere de faire marquer le tems vrai aux Pendules, par l'addition d'une ſeule roüe.* 218

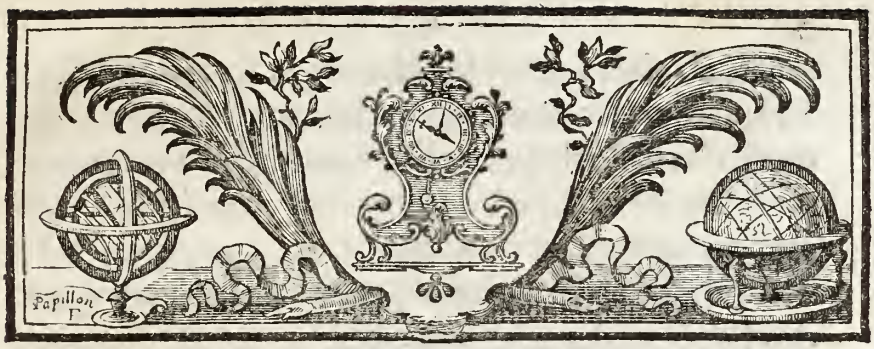
CHAP. XVIII. *Deſcription d'un petit Cadran par le moyen duquel on peut faire ſuivre le tems vrai aux Horloges.* 228

CHAP. XIX. *Traité des engrenages, dans lequel on détermine géométriquement la figure la plus avantageuſe pour les dents des roües, &*

pour les aîles des pignons. 230
CHAP. XX. *Remarques ſur la maniere de trouver facilement des nombres pour les roües qui doivent tourner dans des eſpaces de tems donnés, les unes par rapport aux autres.* 261.
CHAP. XXI. & dernier. *Du mouvement oſcillatoire d'un pendule ſimple ou compoſé, libre ou appliqué aux Horloges.* 273.

Fin de la Table des Chapitres.

TRAITÉ



TRAITÉ D'HORLOGERIE.

PREMIERE PARTIE.

Qui contient principalement la deſcription d'une Pendule à ſecondes, & d'une Montre ordinaire, leur comparaiſon, la maniere de les connoître, de les finir & de les régler par le moyen du Soleil & des Etoiles fixes.

CHAPITRE PREMIER.

Des Horloges en général.

§. PREMIER.

LE mouvement eſt la meſure naturelle du tems, c'eſt donc par les parties d'un mouvement toujours égal que nous devons nous régler dans la diviſion artificielle des

jours, & c'eſt à quoi les Horloges ſont deſtinées.

II. Les roües dentées ſont la principale partie de toutes les Horloges, elles fourniſſent un moyen toujours ſûr & exact de donner à une éguille tel mouvement que l'on ſouhaite, de l'augmenter & de le diminuer à volonté, pour lui faire marquer des heures, des minutes, &c.

III. La plûpart des roües d'une Horloge ſont renfermées entre deux platines aſſemblées par des piliers, & qui forment la cage de l'Horloge; les pivots, c'eſt-à-dire, les extrémités de l'*arbre*, de l'*axe*, de la *tige*, ou de l'eſſieu de chaque roüe ſont portés dans les trous des platines qui les ſoutiennent ſans gêner leur mouvement.

IV. Les roües portent ordinairement chacune un *pignon*, c'eſt-à-dire, une autre petite roüe dont le nombre de dents, qu'on appelle plus communément les *aîles*, eſt beaucoup moindre que celui des dents de la roüe, le pignon eſt d'une ſeule piece avec l'axe de la roüe.

V. Si deux roües dentées ſont parfaitement égales; que les dents de l'une engrennent dans les dents de l'autre, la premiere ne pourra faire un tour ſans obliger la ſeconde à tourner auſſi une fois ſur ſon axe, & elles auront toutes les deux le même mouvement.

Si celle qui fait tourner l'autre, ou qui la conduit, avoit 30 dents, & que la ſeconde en eût 60, il faudroit que la premiere fît deux tours pour obli-

ger la ſeconde à tourner une fois, parce que les 30 dents de la premiere ne peuvent faire paſſer que les 30 premieres dents de la ſeconde, & ne lui feroient faire par conſéquent qu'un demi tour.

On concevra avec la même facilité que ſi une roüe de ſoixante dents eſt conduite par un pignon de ſix *aîles*, le pignon fera dix tours pendant que la roüe en fera un, parce que le pignon n'ayant que ſix *aîles* ne peut faire paſſer à chaque tour que ſix dents de la roüe, & par conſéquent ſoixante dents en dix tours.

Suivant le même principe, ſupoſons quatre roües de ſoixante dents chacune, que la premiere engrenne dans un pignon de ſix, & que ſur l'axe même du pignon la ſeconde roüe ſoit fixée, on ſent que le pignon & par conſéquent cette ſeconde roüe avec lui auront fait dix tours lorſque la premiere roüe en aura fait un; que la ſeconde roüe engrenne dans un autre pignon de ſix *aîles*, ſur lequel ſoit fixée la troiſiéme roüe, celle-ci fera, par la même raiſon, dix tours pour un de la ſeconde, & par conſéquent cent tours pour chaque révolution de la premiere; enfin, que cette troiſiéme roüe engrenne dans un troiſiéme pignon de ſix ſur lequel ſoit fixée la quatriéme roüe, celle-ci ira de même, dix fois plus vîte que la troiſiéme, & fera mille révolutions pendant le premier tour de la premiere roüe; nous parlerons, à meſure que l'occaſion s'en préſentera, de

la partie arithmétique des dentures, qui d'ailleurs à été assez bien détaillée par Oughtread & Hughens en Latin, & en François par le P. Alexandre.

V I. Autant que la vîtesse augmente par l'engrenage continu des roües dans les pignons, autant la force diminue, & la premiere roüe communiquant une viteſſe mille fois plus grande que la sienne à la derniere roüe, ne lui communique qu'une force mille fois moindre, n'ayant même aucun égard aux frottemens qui diminuent la force; ainsi dans notre exemple, je suppose un poids suspendu par une corde à la circonférence de la premiere roüe, il agira avec toute la force de sa pesanteur sur le pignon dans lequel engrenne cette roüe; mais ce pignon étant peut-être dix fois moins nombré que la roüe, qui est fixée sur son axe, & d'un diametre par conséquent dix fois moindre, la force de ce poids n'agit que de sa dixiéme partie sur la circonférence de cette deuxiéme roüe, par la même raison elle n'agit que d'un centiéme sur la circonférence de la derniere roüe.

VII. La viteſſe des dernieres roües deviendroit trop grande, elle iroit même toujours en augmentant si ces roües étoient abandonnées à elles-mêmes, de sorte que l'on n'auroit plus une mesure égale du tems, on est donc obligé d'opposer à sa viteſſe un balancier dont les vibrations alternatives, toujours égales, repriment à chaque instant & moderent sa rapidité & son accéléra-

tion, reçoivent ſon effort ſuperflu & obligent les dents de la derniere roüe à paſſer ſucceſſivement toutes en tems égaux & dans des intervalles raiſonnables, au lieu que ſans cela le poids qui agit continuellement accélereroit ſa chûte ſuivant les loix de la deſcente des graves, & feroit couler le roüage avec une vîteſſe qui iroit toujours en augmentant; c'eſt là ce qu'on appelle l'*échapement*, & ce qui conſtitue la partie la plus eſſentielle d'une Horloge, c'eſt d'elle que doit dépendre la vîteſſe ou la lenteur, de même que la régularité du mouvement ſans aucun égard à la force du poids. Voyez ci-après le Traité des échapemens.

VIII. Les Montres ſont des Horloges portatives, qui ne different des grandes Horloges que parce qu'elles ſont miſes en mouvement par un reſſort au lieu du poids dont nous avons parlé, & qu'elles ſont modérées de même par un balancier & un reſſort ſpiral au lieu du pendule qui regle les Horloges.

Cette différence étant eſſentielle aux Montres y devient un vice également eſſentiel, parce que les reſſorts diminuent peu à peu de force à meſure qu'ils ſe développent, & que leur degré de force varie auſſi ſuivant la chaleur ou l'humidité à laquelle ils ſe trouvent plus ou moins expoſés: nous allons parler des principales eſpéces d'Horloges & des conſtructions les plus parfaites qui ſoient en uſage aujourd'hui, & enſuite des plus nouvelles.

CHAPITRE II.

Description d'une Pendule à secondes.

ARTICLE PREMIER.

Du Roüage.

I. LA plus exacte & la plus simple de toutes les piéces d'Horlogerie est celle qui porte le nom de Pendule à secondes, à cause du pendule ou balancier qu'on y applique, & qui fait chaque vibration en une seconde, sa longueur étant à Paris de 36 pouces 8 lignes $\frac{4}{7}$, à compter depuis le centre de mouvement jusqu'au centre d'oscillation.

II. Cette Pendule est composée de cinq roües dans l'intérieur du mouvement, lorsqu'on veut qu'elle puisse marcher pendant un an sans être remontée, & de quatre roües de cadrature; ce n'est pas qu'on ne puisse faire une Pendule à secondes sans cadrature, & avec trois roües de mouvement; mais une si grande simplicité entraîne de petits inconvéniens qui en ont fait bannir l'usage, nous allons décrire celle qui est de la construction la plus commode & la plus avantageuse.

III. La premiere roüe & la plus grande a 96

dents, (les nombres ſont marqués dans la figure,) elle porte une poulie P garnie de pointes ſur laquelle paſſe le cordon auquel le poids moteur eſt ſuſpendu, & qui reçoit le premier effort de ce poids; cette roüe engrenne dans un pignon de huit aîles, fixé ſur la ſeconde roüe, qui eſt auſſi marquée 96, & qui fait par conſéquent douze tours pendant chaque révolution de la premiere roüe, comme on le conçoit par ce qui a été dit dans le Chapitre précédent. Planche I. Fig. 1. 2. 3.

La ſeconde roüe engrenne auſſi dans un pignon de 8, ce pignon eſt fixé ſur la troiſiéme roüe marquée 84, qui néceſſairement ira douze fois plus vîte que la ſeconde roüe, & qui fera par conſéquent 144 révolutions pour chaque tour de la premiere roüe.

La troiſiéme roüe de 84 dents engrenne dans un pignon de 7 fixé ſur la quatriéme roüe que nous avons marqué 70, cette roüe ira donc encore douze fois plus vîte que la troiſiéme, & fera 1728 tours pour chaque révolution de la premiere roüe.

La quatriéme roüe enfin, engrenne dans un pignon de ſept qui porte la derniere roüe appellée roüe de rencontre lorſqu'elle eſt taillée de champ, on n'en fait plus aujourd'hui; on l'appelle rochet lorſqu'elle eſt taillée ſuivant ſon plan, & en général *roüe d'échapement* : cette roüe doit avoir trente dents, & faire ſon tour en

une minute ; ainſi elle ira dix fois plus vîte que la précédente, puiſque ſon pignon n'a que ſept aîles, & qu'il eſt conduit par une roüe de 70 ; le rochet fera donc 17280 révolutions pour chaque tour de la premiere roüe, & comme il eſt aſſujetti par le pendule à faire ſon tour en une minute, il s'enſuit que la premiere roüe fera le ſien en 17280 minutes, c'eſt-à-dire en douze jours, la ſeconde en un jour, la troiſiéme en deux heures, la quatriéme en dix minutes.

IV. L'axe de la troiſiéme roüe marquée B dans le profil, & 84 dans le plan, qui fait ſon tour en deux heures, paſſe au travers de la platine où il eſt porté par un coq C, (*Fig.* 1.) & le même axe porte une roüe de 36 dents D que l'on voit (*Fig.* 1 *&* 2.) cette roüe engrenne dans une autre roüe E qui lui eſt égale, & qu'elle fait tourner en ſens contraire ; celle-ci engrenne à ſon tour dans une petite roüe, F de 18 dents qui tourne en une heure, & qui porte l'éguille des minutes, par le moyen d'un canon I F, (*Fig.* 2.) rivé ſur l'axe de cette roüe & qui donne paſſage à l'axe de la roüe d'échapement R, deſtinée à porter l'éguille des ſecondes ; la même roüe E, de 36 dents porte ſur ſon axe un pignon de 8 qui engrenne dans la roüe de cadran G, qui porte un canon que l'on doit concevoir placé ſur le canon F I ; cette roüe a 48 dents, & par conſéquent fait ſon tour en douze heures, c'eſt la même qui porte

Planche I. Fig. 1.

Fig. 1 & 2.

porte l'éguille des heures par le moyen d'une chauſſée H qui paſſe ſur celle des minutes I F, dont l'extrémité déborde & paroît en I.

V. Le premier canon dans lequel paſſe l'axe du rochet R, eſt fixé par deux vis T V, ſur la platine, & le pivot du rochet eſt porté dans le canon par une eſpece de cuivrot ou petit cylindre percé ſuivant ſon axe, & chaſſé dans l'intérieur du canon; la chauſſée qui porte l'éguille des minutes, & ſur laquelle eſt rivée la roüe F, tourne ſur ce canon, & la ſeconde chauſſée, qui tient à la roüe de cadran G, tourne de même librement ſur la prémiere; pour contenir les deux chauſſées on doit avoir ſoin de placer une clef en I, au-devant de la chauſſée des heures, qui entre dans deux entailles faites, avec une lime *à égalir*, à la chauſſée des minutes, cette clef pénétrant juſqu'au canon intérieur d'acier (qui eſt fixé, & auquel on pratiquera une rainure circulaire) tournera avec le canon des minutes, & s'oppoſera à ſa ſortie.

VI. Le rochet à chaque dent qui échape repouſſe un des leviers K, L, dont les extrémités R ſont inclinées, comme on le verra lorſqu'il ſera queſtion de cet échapement; ces leviers qui ſont fixés en M ſur une fourchette M Q que l'on voit (*Fig.* 1. *&* 2.) font mouvoir le pendule P S, ou plutôt entretiennent ſon mouvement que les frottemens & la réſiſtance de l'air

détruiroient peu à peu, tandis qu'il modere par ſes vibrations le mouvement du rochet, & par conſéquent de tout le roüage, en aſſujettiſſant le rochet à ne paſſer que d'une dent pour chaque vibration, c'eſt-à-dire pour chaque ſeconde.

ARTICLE SECOND.

Du Pendule.

VII. Galilée s'apperçut dans le ſiécle paſſé, qu'un poids ſuſpendu à une verge ou à un fil, & décrivant des petits arcs, les décrivoit toujours en tems égaux, & il s'en ſervit pour la meſure du tems; mais perſonne ne connut avant M. Hughens l'utilité dont il pouvoit être dans les Horloges; ce fut lui qui l'y appliqua le premier, de même que le reſſort ſpiral aux Montres.

VIII. On a employé diverſes manieres de ſuſpendre le pendule pour lui conſerver toute ſa liberté: des fils, des rouleaux, des reſſorts; pluſieurs perſonnes croyent encore qu'un couteau, porté par ſon tranchant ſur un couſſinet d'acier, & mobile en tout ſens ſur des pivots, de maniére qu'il puiſſe prendre ſon à plomb, eſt préférable à un reſſort mince & delié retenu par le haut dans une fente pratiquée à un gros coq: cependant le plus grand nombre de ceux qui ont examiné avec ſoin les effets de tous les deux, paroît décidé en faveur de la ſuſpenſion à reſſort.

IX. Plus les arcs décrits par un pendule ſont petits, plus ils ſont iſochrones, c'eſt-à-dire égaux & parcourus en tems égaux, pourvû que la longueur du pendule ne ſoit pas énorme. Plus la lentille eſt peſante moins elle eſt ſujette aux variations que la réſiſtance de l'air, ou les inégalités du roüage, peuvent lui cauſer, & moins le pendule exige de force dans le poids moteur; il paroît donc que les lentilles peſantes, comme de 20, 30, 40 livres ou plus, & qui décrivent de petits arcs, comme de 2, 4, 6 degrés ſont plus propres à procurer aux Horloges cette parfaite égalité qui eſt le dernier terme de perfection auquel nous aſpirons, & dont on a déja ſi fort approché. M. Hughens, & pluſieurs autres depuis, ont reconnu la vérité de cette maxime, on a même été juſqu'à croire que la grande réſiſtance d'un pendule peſant pouvoit tenir lieu de remontoirs tels que celui de Gaudron, (dont nous parlerons dans la ſuite), des échapemens à repos, & des fuſées, c'eſt-à-dire rendre inſenſibles les plus grandes inégalités de la force motrice; quoi que ces ſortes de pendules ſoient plus difficiles à tranſporter ou à placer, & plus ſujets à s'arrêter ſi l'on venoit à déranger leur poſition, ce ne doit pas être une raiſon pour en rejetter l'uſage dans le cas où l'on déſirera la plus grande juſteſſe; d'ailleurs la peſanteur de la lentille n'empêche point qu'on ne puiſſe la placer com-

modément, puiſqu'il eſt facile de la ſuſpendre ſéparément du roüage, & de maniere qu'elle ne cauſe aucune charge au mouvement.

X. On peut auſſi au lieu du pendule à ſecondes, qui n'a que trois pieds 8 lignes $\frac{4}{7}$ depuis le centre de ſuſpenſion juſqu'au centre d'oſcillation, employer des pendules plus longs, & rendre par conſéquent les oſcillations plus lentes; mais la réſiſtance de l'air augmente en raiſon du quarré de la longueur, puiſque la réſiſtance augmente comme le quarré de ſa viteſſe, ou des arcs parcourus, & par conſéquent des rayons de ces mêmes arcs, qui ſont les longueurs des pendules; il s'enſuivroit donc qu'un pendule double éprouveroit peut-être, en décrivant les mêmes arcs, quatre fois plus de réſiſtance ou de perte de mouvement & on retomberoit par conſéquent dans un autre défaut.

XI. Outre cette réſiſtance qui n'altere pas conſidérablement l'iſochroniſme (parce que le retard de l'oſcillation deſcendante compenſe à peu près l'avancement produit dans l'oſcillation aſcendante) & qui eſt produite par la maſſe d'air qui eſt déplacée par le pendule, on doit conſidérer auſſi la réſiſtance produite par le frottement de l'air ſur la ſurface du pendule, & qui eſt encore comme les arcs parcourus; les expériences prouvent même que la réſiſtance de l'air eſt encore plus conſidérable qu'elle ne devroit l'être

par ces deux cauſes réunies. Nous avons dit que le déplacement de l'air n'altere pas ſenſiblement l'iſochroniſme des vibrations, parce que la demi-oſcillation aſcendante eſt abrégée par la réſiſtance de l'air autant que la durée de la demi-oſcillation deſcendante eſt augmentée; l'effet de cette réſiſtance eſt que le point de la plus grande viteſſe n'eſt plus dans la perpendiculaire mais un peu auparavant, parce que pendant la deſcente de la lentille, les impulſions ſucceſſives de la peſanteur qui ſont la cauſe de ſon accélération, vont toujours en diminuant, au lieu que la réſiſtance de l'air augmente, de ſorte que le pendule ceſſe d'accélérer, dès que la réſiſtance a plus de force pour retarder ſon mouvement, que ſa direction inclinée n'en fournit pour l'accélérer.

XII. Le contraire arrivera ſi c'eſt la force du poids moteur, & de l'échapement qui agiſſe ſur le pendule pour accélérer ſon mouvement, l'iſochroniſme n'en eſt point altéré, le tems de l'oſcillation aſcendante eſt augmenté par la longueur de l'arc décrit, autant que le tems de l'oſcillation deſcendante eſt abrégé, de ſorte que le point de la plus grande viteſſe ſe trouve placé après la perpendiculaire; mais un bon échapement à repos tel que celui dont nous donnerons la deſcription dans cet Ouvrage, agit ſi peu & avec tant d'égalité ſur le pendule, que ſon mouvement eſt exactement le même qu'il ſeroit ſi le

pendule oſcilloit librement, & dans le vuide ; ſuivant les expériences faites par M^rs les Académiciens dans le voyage du Nord ſur une Pendule de Graham, lorſqu'on diminuoit de moitié la force motrice, les arcs au lieu de 4 degrés 20 minutes, étoient réduits à 3 degrés, & la pendule avançoit de 4 ſecondes par jour ; or cette quantité eſt préciſément celle dont un pendule oſcillant librement dans le vuide devroit avancer ſi on réduiſoit ſes vibrations de 4 degrés 20 minutes à 3 degrés, comme on le voit par la Table qui eſt dans le Traité du mouvement oſcillatoire, à la fin de ce Livre, donc l'impulſion du roüage n'avoit rien changé à l'effet que le pendule même auroit produit.

XIII. Il y a une autre raiſon en faveur de la peſanteur des lentilles & de la petiteſſe des arcs : l'air eſt quelquefois plus rare & plus léger d'un quart, dans des tems que dans d'autres, par conſéquent une lentille de plomb eſt alors plus peſante relativement à l'air, de $\frac{1}{40000}$: or les peſanteurs ſont en raiſon inverſe des quarrés des tems des oſcillations, tout le reſte égal, donc les oſcillations augmenteront en Été, & la Pendule devra avancer de quelque choſe : or, puiſque la peſanteur de la lentille en Été eſt à ſa peſanteur en Hiver, comme 40001 eſt à 40000, ſon accélération en Hiver ſera à ſon accélération en Été, comme les racines de ces nombres

là, qui ſont entre-elles, comme 80001 eſt à 80000, elle avancera donc en Été de 1″ 8, c'eſt-à-dire une ſeconde & 8 dixiémes, ou une ſeconde 48 tierces pour cette ſeule raiſon; comme dans un même jour il peut arriver à l'air des changemens conſidérables, la marche de la pendule peut en être tant ſoit peu altérée: & l'on ſent aſſez qu'en augmentant la peſanteur ſpécifique de la lentille, & diminuant la grandeur de ſes arcs, on diminue les inégalités qui réſultent de ce changement de peſanteur, de même que l'effet de la réſiſtance, puiſqu'on obſerve qu'une lentille peſante oſcille plus long-tems qu'une lentille legere, & par conſéquent reçoit moins d'obſtacle de l'air.

XIV. La petiteſſe des arcs décrits donne un moyen d'augmenter conſidérablement la peſanteur de la lentille, ou de diminuer la force motrice; en effet la quantité dont la lentille s'éleve eſt toujours comme le quarré des arcs décrits, ſi donc on réduit, à la moitié par exemple, les mêmes arcs, la quantité de l'élévation ne ſera plus que le quart; on pourra donc faire la lentille quatre fois plus peſante ſans augmenter la force motrice, ou ôter les trois quarts de la force motrice ſans changer la lentille.

XV. Enfin, une derniere raiſon en faveur des petits arcs, eſt le peu d'altération que les mouvemens étrangers peuvent produire ſur la durée des

vibrations; il eſt démontré que quand par le trémouſſement d'une maiſon, & du mur ſur lequel une Pendule eſt fixée, les oſcillations au lieu de ſe faire dans un même plan deviendroient circulaires, ou elliptiques, la durée des oſcillations reſteroit la même ſenſiblement; mais la choſe ſeroit fort différente, ſi les arcs venoient à avoir une certaine étendue: alors le pendule qui décriroit un cône ſeroit iſochrone avec un pendule ordinaire, dont la longueur ſeroit égale à la hauteur perpendiculaire du cône; mais cette hauteur du cône deviendra plus petite à meſure que le pendule s'écartera de la perpendiculaire, de ſorte que ſi le cône avoit ſeulement quatre pouces de largeur, le pendule circulaire avanceroit de près d'une minute par jour ſur un pendule ordinaire de même longueur.

XVI. Il eſt preſque auſſi néceſſaire de diminuer la force motrice que d'augmenter celle du régulateur; la peſanteur d'une lentille ſert à maîtriſer les inégalités du roüage, & à diminuer l'altération qui pourroit en réſulter dans les vibrations; mais la trop grande peſanteur du poids augmenteroit les frottemens qui ſont la ruine de toutes les pieces d'Horlogerie. On peut faire aller une Pendule ordinaire avec quatre onces de poids; il eſt vrai qu'en n'y mettant que la plus petite quantité avec laquelle elle pourroit marcher, on s'expoſeroit à la voir enſuite s'arrêter, mais

mais du moins faut-il toujours tendre à diminuer le poids ; on eſt ſûr de diminuer par là les inégalités du roüage preſque autant que par l'augmentation du poids de la lentille ; d'ailleurs il eſt facile de ſe procurer ces deux avantages tout à la fois ; dans une Horloge faite avec ſoin, la peſanteur de la lentille n'exige point d'augmentation ſenſible dans la force motrice.

XVII. Les roües doivent être auſſi légeres qu'il eſt poſſible, les frottemens en ſeront moins durs & plus égaux, elles ne doivent être ni trop grandes, ni trop petites, parce que dans le premier cas elles deviendroient néceſſairement trop peſantes, & dans le ſecond, les pignons deviendroient trop petits & trop peu nombrés, ce qui diminueroit l'égalité de leur conduite ; en effet, étant obligé de conduire plus loin & plus longtems, il eſt plus difficile d'y établir une parfaite égalité, & le frottement ſurtout devient plus grand ; car le frottement peut être exprimé par le ſinus verſe de l'arc décrit par l'aîle du pignon, depuis qu'il commence à toucher la dent, juſqu'au moment où il la quitte ; or, cet arc eſt plus long lorſque le pignon eſt moins nombré, toutes choſes égales.

ARTICLE TROISIÉME.

De la dilatation du Pendule.

XVIII. Tout le monde ſçait que les mé-

taux étant ſujets à la dilatation par la chaleur, & à la contraction par le froid, un pendule ne ſçauroit conſerver pendant une année, peut-être même pendant un jour entier, une même longueur. M. Graham, célébre Horloger Anglois, trouva en 1721. qu'une excellente Pendule varioit de 14 ſecondes par jour, entre le plus grand froid & le plus grand chaud de l'année, dans un appartement ordinaire; & de 30 ſecondes dans un lieu plus expoſé & placé ſous les toits; or 30 ſecondes de retard dans un jour ſuppoſent un allongement de trois dixiémes de ligne dans le pendule, comme on peut le voir par la Table des longueurs du pendule, qui ſe trouve dans le Chapitre du mouvement oſcillatoire. On a donc imaginé divers artifices pour remédier à ces allongemens.

On peut, par exemple, ſuſpendre la lentille au bas d'un fil de fer, qui tienne par ſa partie ſupérieure, ſans être gêné dans ſa longueur, à la partie ſupérieure d'un cylindre ſolide de cuivre ou de fer, de plomb ou d'étain, (tous les métaux y ſont indifférens), le tout renfermé librement dans un canon de fer qui ſervira de pendule; le cylindre de métal étant ſoutenu, dans ſa partie inférieure ſeulement, par le canon de fer, aura la liberté de ſe dilater & de s'étendre vers le haut, par là il élévera la lentille toutes les fois que le canon de fer, en ſe dilatant, pourroit la

faire baiſſer ; il ne s'agit que de trouver par expérience quelle doit être la hauteur de la colonne métallique, pour que ſa dilatation ſoit préciſément égale à celle du canon qui forme le pendule ; c'eſt ainſi que l'ont pratiqué Mrs Varinge & Rivaz.

On ſent aſſez qu'il n'eſt pas poſſible d'aſſigner une règle exacte & certaine ſur la quantité ni ſur la qualité de la colonne métallique qui doit porter le pendule, & être ſoutenue dans le canon par ſa partie inférieure, on trouveroit à peine deux portions de métal, dont les allongemens fuſſent exactement les mêmes, au même degré de chaleur ; la dureté, la denſité, le travail de la forge, la conformation des parties extérieures & intérieures, tout contribue à les rendre différens dans différentes portions de métal ; le plus ſûr, lorſqu'on aſpire à ce degré de préciſion, eſt d'en faire chaque fois l'expérience, en appliquant ſucceſſivement divers degrés de chaleur à la Pendule pour voir l'effet qui en réſulte, & pour changer s'il eſt beſoin la longueur de la colonne.

Il ſuit de là que toutes les compoſitions métalliques, que l'on pourroit imaginer pour cet effet, ſont abſolument indifférentes ou égales à cet égard, il ne s'agit que de prendre une matière quelle qu'elle ſoit, & de déterminer, par expérience, quelle doit être la hauteur de ſa colonne, pour que la quantité de ſa dilatation,

lorſqu'elle eſt chargée d'une lentille peſante, ſoit préciſément la même que celle du canon de fer qui doit ſervir de pendule.

XX. On a fait auſſi des pendules dans leſquelles le balancier ayant la liberté de couler dans la fente où il eſt ſuſpendu, pouvoit être retiré vers le haut par le moyen d'un canon de cuivre, à la partie ſupérieure duquel il étoit attaché, de maniere que le tuyau de cuivre, en s'allongeant plus que le fer dont le pendule eſt compoſé, faiſoit remonter le pendule, lorſqu'il leur ſurvenoit à tous les deux quelque allongement; il ſeroit plus commode, comme on l'a propoſé, de tranſporter ce tuyau vers le bas, ou plutôt d'y ſubſtituer une verge de même longueur & de même métal que le pendule, qui, étant fixée dans le mur par ſa partie inférieure parallelement au pendule, éleveroit par ſa partie ſupérieure le centre de ſuſpenſion, en ſe dilatant de la même quantité que le pendule; on pourroit même lui faire produire cet effet par le moyen d'un levier de la ſeconde eſpece, dont le point fixe ſeroit ſur le coq, la puiſſance étant l'extrémité de la verge fixe, & la réſiſtance, c'eſt-à-dire le pendule, placé entre les deux; par cette mécanique on ſeroit maître de rendre l'effet de la dilatation, plus ou moins grand, ſuivant qu'il ſeroit néceſſaire.

XXI. M. Graham en 1726. imagina de rem-

plir un canon, qui ſerviroit de verge au pendule, avec du mercure qui ſe dilateroit vers le haut autant que le canon ſe dilateroit vers le bas, (M. l'Abbé Baillard Dupinet, en 1742, propoſa une autre liqueur, dont la dilatabilité étoit connue) on ſçait en effet, que le volume du mercure varie de l'Hiver à l'Été de $\frac{1}{220}$, ainſi une colonne d'environ 13 pouces de mercure, peut s'élever de $\frac{2}{3}$ de ligne, tandis que la lentille ne peut guère s'abaiſſer que de $\frac{1}{4}$ de ligne, de ſorte qu'il reſtera encore $\frac{5}{12}$, dont le centre de la colonne de mercure remontera au-deſſus de celui de la lentille, cette quantité eſt fort petite à la vérité, à moins qu'on ne faſſe la colonne de mercure fort groſſe, ce qui produiroit un balancement & une ſecouſſe perpétuelle dans l'intérieur de la verge.

XXII. Le moyen le plus ſimple & le plus commode que j'aye trouvé pour cet effet, eſt de placer (*Fig.* 4.) à côté de la verge de fer AB, ou derriere ſon plan une verge CD qui ſoit de cuivre. Que celle-ci ſoit arrêtée fixement en C contre la premiere, & qu'en D elle porte ſur un bras D du levier DE, dont l'autre bras portera la lentille F, & qui ſera mobile autour d'un pivot G fixé ſur la verge de fer ABG; il eſt clair que lorſque la verge AB pourra ſe dilater, celle qui eſt placée en CD ſe dilatant beaucoup plus, & ſuivant quelques expériences, dans le rapport de 17 à 10, elle preſſera le levier Planche I. Fig. 4.

en D & faiſant remonter la partie E, qui porte la lentille, élèvera le centre d'oſcillation qui étoit deſcendu.

Comme on ne peut jamais ſçavoir préciſément quelle ſera la dilatation de la verge C D par rapport à la verge A B, on y a placé une vis H, par le moyen de laquelle on peut éloigner la lentille du centre de mouvement G, ou l'en rapprocher, afin que l'eſpace parcouru par le point D, faſſe parcourir à la lentille placée en I un eſpace d'autant plus grand, qu'elle ſera plus éloignée du point G ſur lequel tourne le levier D E.

XXIII. J'ai auſſi pratiqué ici une eſpèce de thermometre propre à indiquer les degrés de correction que la verge C D procure à la longueur du pendule; car toutes les fois que le point D deſcendra, le bout du levier K montera, fera deſcendre l'autre levier L, & par conſéquent fera décliner l'éguille B M vers la partie N de l'arc O N, qui eſt fixé ſur la verge.

Mais ſi le point D, au contraire, vient à remonter par l'accourciſſement des métaux, l'éguille B M ſera obligée, par un reſſort R, de retourner vers la partie O du même limbe.

XXIV. Cette conſtruction a l'avantage de n'exiger que deux verges au lieu de trois, qu'on a employé avant moi dans cette vûe, d'ailleurs elles peuvent être placées l'une à côté de l'autre, de maniere à ne point éprouver de la part de

l'air une plus grande réſiſtance que la verge ſimple ordinaire.

XXV. On a ſouvent beſoin pour régler une Pendule qui avance ou qui retarde, d'allonger le pendule ou de le raccourcir; pour cet effet on plaçoit autrefois un petit poids, qui pouvant couler le long de la verge du pendule, pouvoit changer un peu le centre d'oſcillation, ſuivant qu'il étoit arrêté ou plus haut ou plus bas.

On s'eſt ſervi depuis d'un écrou & d'une vis, placés dans la partie inférieure, & ſous la lentille, de maniere qu'en tournant l'écrou on obligeoit la lentille de remonter.

L'une & l'autre méthode ne pouvant ſe pratiquer ſans arrêter le pendule, & ſans riſquer quelquefois de forcer la ſuſpenſion, j'ai crû qu'il étoit beaucoup plus utile de placer cet écrou au-deſſus de la ſuſpenſion & ſur le coq; on peut y pratiquer une vis d'acier, à laquelle la lentille ſoit ſuſpendue, dont les pas ſoient quarrés & profonds, & au nombre de 24. dans un pouce, on placera auſſi une petite éguille ſur cette vis, & on diviſera l'écrou en 49 parties, alors chaque partie de l'écrou fera avancer ou retarder la Pendule d'une ſeconde par jour, en accourciſſant le pendule de 0 lig. 0102, c'eſt-à-dire, $\frac{102}{30000}$ de ligne.

CHAPITRE III.

Description d'une Montre ordinaire à roüe de rencontre.

Du Roüage.

I. LA figure 1. de même que les figures 51. & 52. repréſentent le plan, ou calibre d'une des deux platines qui ſoutiennent toutes les roües; B eſt le plan du barillet, & F le plan de la fuſée, que le reſſort contenu dans le barillet fait mouvoir par le moyen d'une chaîne, comme on le voit (*Fig.* 14.) On parlera plus amplement de la fuſée dans le Chapitre ſuivant; la fuſée F porte une roüe à laquelle on peut donner 48 dents, cette roüe de fuſée engrenne dans un pignon de douze aîles fixé ſur la tige de la grande roüe moyenne G, que l'on voit au centre du calibre, de ſorte que cette derniere roüe fait quatre tours pendant chaque tour de la fuſée; c'eſt cette roüe qui fait ſon tour en une heure, dont la tige perce à travers le cadran & porte l'éguille des minutes, qui y eſt fixée, à frottement dur, pour pouvoir être remiſe à l'heure ſans faire couler le roüage.

Planch. II. Fig. 1. & ſuiv.

II. La grande roüe moyenne G, appellée auſſi roüe de longue tige, & roüe des minutes eſt de

54 dents, elle engrenne dans un pignon de ſix aîles fixé ſur l'axe de la petite roüe moyenne P, qui, par conſéquent, fait neuf tours dans une heure, puiſque ſix fois neuf font 54, & que chacune des 54 dents faiſant paſſer une des ſix aîles du pignon, le pignon paſſera neuf fois tout entier pendant une révolution de la roüe.

III. La petite roüe moyenne P eſt de 48 dents, elle engrenne dans un pignon de ſix, fixé ſur la roüe de champ C, qui fera par conſéquent huit tours pendant chaque révolution de la petite roüe moyenne, & 72 pendant chaque tour de la grande roüe moyenne, c'eſt-à-dire en une heure.

IV. La roüe de champ C eſt de 45 dents, elle engrenne dans le pignon de la roüe de rencontre O, qui eſt encore de ſix aîles, de ſorte que la roüe de rencontre fera ſept tours & demi pendant chaque révolution de la roüe de champ, puiſqu'en prenant ſix, ſept fois & demi, on a 72, ainſi elle fera 540 tours en une heure.

V. Enfin la même roüe de rencontre O doit être de 15 dents, ſa tige eſt parallele aux platines, (*Fig.* 47. *&* 51.) & eſt reçûe non plus, comme les précédentes, dans les trous des platines, mais dans une potence O, & une contrepotence N (*Fig.* 15. *&* 51.) Cette roüe, comme on la voit (*Fig.* 13. 34. 47.) rencontre à chaque dent une des palettes E & D de la verge

Fig. 47. & 51.

Fig. 15. 51. Figures 13. 34. 47.

du balancier A, & l'oblige par conſéquent à faire un demi-tour pour lui donner paſſage, mais auſſitôt qu'une des palettes a paſſé, la palette oppoſée (*Fig.* 13.) rencontre la dent inférieure X, & fait encore une vibration ſemblable, de ſorte que pour les 15 dents de la roüe de rencontre le balancier fera 30 vibrations; or 30 fois 540 ſont 16200, ainſi la Montre que nous venons de décrire fera 16200 vibrations par heure.

Fig. 13.

Si une Montre eſt deſtinée à ſubir de grands mouvemens, comme celui d'un homme qui eſt ſouvent à cheval, il eſt néceſſaire qu'elle faſſe un grand nombre de vibrations, comme de 18000; ſi, au contraire, elle doit être en repos, elle ſera plus facile à régler avec 16200.

Des différentes parties de la Montre.

VI. On doit choiſir parmi tous les calibres qu'on peut imaginer, ceux qui procurent de grandes roües, & qui ne donnent de l'avantage aux piéces les plus néceſſaires, que d'une maniere qui ne nuiſe point aux autres.

Le calibre que l'on voit (*Fig.* 51.) a une propriété utile, qui conſiſte en ce que l'axe de la roüe de rencontre eſt toujours parallele à l'horiſon, & par ce moyen conſerve un frottement à peu près égal, ſoit que la Montre ſoit ſuſpendue, ou miſe à plat ſur ſa boëte ou ſur ſon ca-

Fig. 51.

dran ; cependant on employe plus communément celui de la figure 1.

VII. On doit obſerver dans les Montres, que les premiers mobiles ſoient toujours plus forts que les derniers, ſans faire néanmoins la roüe de champ trop mince, à cauſe que ſon engrenage eſt plus ſujet à varier que celui des roües plates, & que ſes dents s'uſeroient trop facilement ſi elles étoient trop minces.

VIII. Les deux platines de la cage ſont appellées, l'une *platine des piliers* parce que les piliers y ſont fixes & rivés, l'autre *platine du nom* ou *platine du deſſus*, ou petite *platine*, ſur laquelle le coq & la roſette ſont placés, & où l'on grave le nom de l'Auteur.

La platine des piliers eſt vûe intérieurement, (*Fig.* 2.) on y apperçoit la place des quatre piliers V X Y Z, les trous dans leſquels paſſent tous les pivots, la charniere C, la vis ſans fin qui eſt tout contre la charniere ; cette vis ſans fin, portée par ſes deux tenons, engrenne dans un pignon P ordinairement de 18 aîles, qui eſt placé quarrément ſur l'arbre du barillet, il ſert à tendre le grand reſſort. Fig. 2.

La même platine ſe voit (*Fig.* 3. *&* 33.) avec les roües, telles qu'on les place, en remontant un mouvement ; on les a déſignées par les mêmes lettres que dans les figures des calibres. Fig. 3. 33.

IX. La figure 4. & les ſuivantes repréſentent

le reſſort du cadran qui ſert à fermer la boëte, & qui réſiſte à l'effort que l'on feroit, ſi par inadvertance on tiroit le bord du cadran au lieu de pouſſer le reſſort, les figures 4. & 6. ſont le nez du reſſort, la partie F gliſſe ſur la platine, on en voit le plan G H au-deſſous, elle porte deux
Fig. 5. 7. vis K & I (*Fig.* 5. & 7.) dont l'une I fait le bec du reſſort, & l'autre ſert à le contenir dans la couliſſe.

Fig. 8. Le reſſort ordinaire ou à l'Angloiſe (*Fig.* 8.) eſt plus aiſé à faire, & il eſt aſſez ſolide, pourvû que l'on donne deux mentonnets D E au nez du reſſort; mais il occupe une eſpace dans la cage, & ſes effets ne ſont pas auſſi précis.

Fig. 9. X. La figure 9. repréſente la même platine des piliers du côté où elle porte le cadran, on y voit le reſſort de cadran A, & le deſſus du muſeau K, tel que nous venons de le décrire, les trous des quatre piliers, la roüe de renvoi C de 36 dents, qui eſt miſe en mouvement par le pignon de chauſſée E de 12 aîles que l'on voit ſeul
Fig. 10. (*Fig.* 10.) fixé à frottement dur ſur la tige de la grande roüe moyenne, qui paſſe dans la cadrature.

Fig. 9. Cette roüe de renvoi (*Fig.* 9.) porte un pignon C de 10 qui conduit la roüe des heures ou
Fig. 11. 12. de cadran que l'on voit (*Fig.* 11. & 12.) avec l'éguille des heures qu'elle porte & qui ſe place ſur la chauſſée E, ſur laquelle elle tourne; l'aſſem-

blage de ces deux roües & de ces deux pignons forment la cadrature ainſi nommée, parce qu'elle ſe place ſous le cadran.

On voit auſſi ſur la même platine (*Fig.* 9.) la barette I, qui porte les pivots de la roüe de champ & de la petite roüe moyenne ; on employe cette barette, de même que le pont, pour la fuſée, afin que les trous où entrent ces pivots ne ſoient pas gâtés par la dorure, & que les tiges ſoient plus longues.

XI. La figure 15. repréſente la platine de deſſus, ou la petite platine vûe intérieurement ; on y voit l'arrêt de la fuſée A ou garde-chaîne, le reſſort A tient le petit levier B (qui paroît auſſi *Fig.* 16. & 32.) éloigné de la platine, & comme il eſt mobile à charniere dans un piton fixé à la platine, la chaîne arrivée au dernier tour de la fuſée lorſqu'on remonte la Montre le preſſe contre la platine, afin que le crochet F de la fuſée (*Fig.* 42. 49. 50.) vienne arbouter contre ce levier, & réſiſte à la main de celui qui monte le reſſort pour l'avertir que la Montre eſt remontée. Fig. 15. Fig. 16, 32. Figures 42. 49. 50.

XII. La même figure 15. préſente la roüe de rencontre, dont l'axe parallele à la platine eſt porté dans la potence O, & dans le piton de la contre-potence N. Fig. 15. & ſuivantes.

Cette potence O porte auſſi un des pivots du balancier, elle eſt compoſée de pluſieurs piéces ;

la figure 23. eſt l'aſſiette ou la baſe de la potence fixée ſur la platine, par ſes trois piés & par une vis, elle porte un lardon mobile dans une couliſſe, on le voit de face (*Fig.* 18.), de côté (*Fig.* 19.), en place (*Fig.* 17.), la vis V (*Fig.* 17. 20. 21. 22.) porte une aſſiette ou collet qui s'engage dans un cran ou entaille pratiqué à la couliſſe, & lui donne un petit mouvement, qui ſert à rendre les chûtes égales.

Fig. 18. Fig. 19. Fig. 17. Fig. 17. 20. 21. 22.

Fig. 24. XIII. La figure 24. eſt la même platine de deſſus, vûe par ſon côté extérieur, qui préſente le coq, la couliſſe, le rateau, le ſpiral, le balancier, dont les dévelopemens ſont au-deſſous.

Le coq A B eſt un chaſſis deſtiné à recouvrir le balancier, & à recevoir un de ſes pivots, il eſt fixé ſur la platine par deux vis A, B, le petit coq, ou coqueret C (*Fig.* 25.) eſt placé ſur le milieu de l'autre, & entre les deux on met une piece de cuivre percée, & un diamant pour ſoutenir le pivot du balancier.

Fig. 25.

Fig. 26. XIV. La couliſſe (*Fig.* 26.) eſt une piece en arc de cercle, couverte en partie par le coq, & fixée ſur la platine par deux vis D, E, entre cette piece, qui porte une couliſſe ou rainure aſſez profonde & la platine, eſt placé le rateau R (*Fig.* 27.), que l'on peut faire mouvoir par le moyen d'une roüe Q, recouverte d'une plaque ou roſette P, qui eſt renverſée, (*Fig.* 29.) pour montrer la cavité qui reçoit la roüe Q; cet-

Fig. 27. Fig. 29.

te roſette eſt diviſée à volonté, & porte une éguille V (*Fig.* 28.), pour indiquer ſur la roſette de combien on a fait avancer le rateau. Fig. 28.

Le mouvement de ce rateau ſert à fixer en différens points le reſſort ſpiral, par une entaille R (*Fig.* 27.), pour rendre ſa force plus ou moins grande; nous en parlerons plus au long dans le Chapitre V^e^. Fig. 27.

La figure 32. repréſente le profil de la cage où l'on voit le coq C, la roſette Q, le piton du garde-chaîne B, le porte-pivot de la roüe de rencontre N, qui paroît auſſi au-deſſous de la figure; il entre à frottement dans un piton fixé à la platine, O le nez de la potence, E D le muſeau du garde-chaîne, que l'on voit auſſi (*Fig.* 4. 5. 8.) Fig. 32.

XV. Les figures 35. 40. 44. 45. 46. 47. renferment toutes les roües de la maniere dont elles ſont placées, par rapport à leur hauteur dans la cage, & leurs engrenages reciproques, elles ſont marquées des mêmes lettres que dans les figures précédentes, de même que le balancier A, & l'échapement E D, que l'on voit auſſi (*Fig.* 34.) avec les pivots & les tigerons du balancier. Fig. 35. & ſuivantes. Fig. 34.

Le barillet eſt une boëte de cuivre (*Fig.* 35. & 36.) qui renferme le grand reſſort; le barillet tourne autour de ſon axe B, qui ne tourne point, & qu'on voit ſéparé (*Fig.* 39.), le barillet eſt Fig. 35. 36. Fig. 39.

d'une ſeule piece, recouvert d'une plaque de cuivre (*Fig.* 37.)

XVI. Le grand reſſort eſt l'ame ou le moteur de la piece, il eſt fixé par un bout à un crochet ſur l'arbre B, autour duquel il fait une vingtaine de tours, plus ou moins, & par l'autre extrémité, s'attache à un crochet, qui eſt à la circonférence du barillet, & y eſt encore aſſujetti, par le moyen d'une barette d'acier (*Fig.* 38.) qui va du haut au bas du barillet; le reſſort étant dans un état de relâchement, on fait faire environ cinq tours au barillet, pour le monter & le mettre en action. Fig. 38.

XVII. La chaîne, au commencement de l'action, eſt toute entiere autour de la fuſée F, elle eſt fixée par un crochet au barillet, ſur lequel elle s'envelope à meſure que le roüage de la Montre ſe devuide; lorſqu'il s'agit enſuite de la monter, c'eſt-à-dire de tendre le grand reſſort, & de remettre la chaîne autour de la fuſée, on ſeroit obligé de faire couler le roüage ſans un artifice particulier, qui conſiſte dans l'encliquetage de la fuſée; la roüe (*Fig.* 41.) repréſente la roüe de fuſée qui engrenne dans la grande roüe moyenne; mais cette roüe a un enfoncement, & la fuſée porte encore une autre roüe (*Fig.* 42.) en forme de rochet, placée dans cet enfoncement, où elle a la liberté de tourner ſeulement à contre ſens, & lorſqu'on remonte la fuſée; Fig. 41. 42.

ſée; mais qui réſiſte par le moyen du cliquet H (*Fig.* 41.), lorſque la roüe reprend ſon mouvement naturel : de ſorte que les deux roües vont enſemble comme une ſeule piéce; le corps de la fuſée eſt aſſujettie ſur la roüe de fuſée (41), par le moyen de la *goutte* (43), qui eſt une clef qui entre ſur l'arbre de la fuſée, & qui peut être goupillée pour plus de ſolidité. Fig. 41. Fig. 43.

Du reſſort & du frottement des pivots.

XVIII. Le ſpiral ou régulateur d'une Montre (*Fig.* 27.), doit avoir autant de liberté & de force qu'il eſt poſſible, afin que les inégalités inévitables de la force du grand reſſort ayent une moindre influence ſur l'iſochroniſme ou l'égalité de ſes vibrations; le balancier doit être petit & peſant, ſurtout dans les échapemens à repos, pour pouvoir décrire de plus grands arcs, & avoir plus de force réglante. Fig. 27.

XIX. Un des objets les plus dignes d'attention, dans la conſtruction d'une Montre, eſt d'éviter autant qu'il eſt poſſible les frottemens; le frottement du grand reſſort eſt des plus nuiſible, ſoit que les tours ou les lames frottent les unes contre les autres en ſe dévelopant, ſoit que les bords de la lame frottent le deſſus & le deſſous du barillet; le dernier de ces deux frottemens ne peut être évité, mais pour le diminuer autant qu'il eſt poſſible, on aura ſoin de rendre les deux

faces intérieures bien planes & bien polies, & le reſſort bien adouci ſur les bords; le reſſort doit être d'une égale élaſticité ſur toute ſa longueur, l'on doit même placer une barrette (*Fig.* 38.) proche de l'endroit où le reſſort eſt accroché au barillet pour contenir toute la partie du reſſort qui a pû être détrempée; par ce moyen, lorſqu'on remonte le reſſort, chaque tour commençant près du centre ſe dégage ſucceſſivement du tour ſuivant juſqu'au dernier, & de même, à meſure que le reſſort ſe dévelope, les tours de la lame ſe rapprochent ſucceſſivement l'un de l'autre, commençant par le bout extérieur. Cette précaution ſert auſſi à empêcher la premiere eſpece de frottement, pourvû que l'on ait ſoin de fixer l'extrémité du reſſort ſur l'arbre, de maniere qu'il gouverne abſolument le premier tour; par ce moyen les trois ou quatre premiers tours ne peuvent frotter, tandis que la barrette empêche de ſon côté le frottement des derniers tours; mais la méthode de faire la hauteur du barillet moindre vers le centre que vers les extrémités eſt défectueuſe.

Fig. 38.

XX. Le frottement des pivots de la fuſée eſt une choſe digne d'attention, & qui a dû rendre toujours les Montres Angloiſes inférieures, dans ce point-là, aux Montres Françoiſes; en effet, la fuſée (*Fig.* 33. 40. 49. & 50.) ayant un de ſes diametres beaucoup plus large que

Fig. 33. 40. 49. 50.

l'autre, le frottement ſur le pivot du ſommet D, doit être bien plus grand que ſur le pivot de la baſe, puiſque le reſſort ſe faiſant ſur un levier moindre, doit être plus grand dans la même proportion, pour que les efforts inégaux du reſſort deviennent égaux ſur le roüage : or, le pivot qui eſt preſſé par une force double, éprouve auſſi un frottement double, puiſque les frottemens augmentent ſuivant la force des parties frottantes les unes contre les autres, il y a encore une ſeconde cauſe qui augmente le frottement ſur le ſommet de la fuſée ; car diviſant la hauteur de la fuſée en dix parties égales à commencer par le ſommet, l'effort que fait le reſſort ſur la premiere de ces parties au ſommet de la fuſée par ſa proximité au pivot ſupérieur, ſera dix fois plus grand, & par conſéquent y cauſera un frottement de cuple de celui qui ſe fera en mêmetems ſur le pivot inférieur, & comme nous venons de voir que le frottement étoit déja double à raiſon du diametre de la fuſée, qui eſt la moitié moindre au ſommet, le frottement ſera, par conſéquent, vingt fois plus grand ſur le pivot du ſommet ; il eſt vrai que plus la chaîne ſe dévelopera & deſcendra vers la baſe de la fuſée plus les frottemens deviendront égaux, & l'effort ſe fera à peu près également & ſur le milieu de la fuſée au bout de 18 heures, enſuite il deviendra plus conſidérable par rapport au pivot

de la baſe, mais comme ce ſera pour peu de tems, il reſte toujours pour conſtant que le frottement du pivot ſupérieur ſera plus grand que celui du pivot de la baſe, & que le pivot ſupérieur devroit avoir par conſéquent ſon diamétre beaucoup moindre, pour pouvoir maintenir l'égalité dans le mouvement.

XXI. Mais, au contraire, les Montres Angloiſes, qui ſe remontent par la partie inférieure de la boëte, ont le pivot du ſommet double en diametre, de celui de la baſe (*Fig.* 49.), le premier ayant une tête ou quarré, auquel la clef doit s'ajuſter, d'où s'enſuit encore un autre mauvais effet, en ce que la clef portant de la pouſſiere ſur le quarré, une partie s'attache toujours à l'huile du pivot ſupérieur & en augmente la réſiſtance ou le frottement. Fig. 49.

XXII. Les Montres Françoiſes ſe remontent ſur le cadran, elles ont par conſéquent le plus gros pivot (*Fig.* 50.) à la partie inférieure qui ſupporte une moindre quantité de frottemens, ſur quoi il faut encore remarquer qu'on pourroit placer le barillet & la fuſée d'une maniere à diminuer beaucoup le frottement, & l'effort qui ſe fait ſur la fuſée, en faiſant que la chaîne paſſât toujours entre la fuſée & le pignon de la grande roüe. Fig. 50.

XXIII. Quand aux frottemens des autres pivots, M. Sully, dans un Mémoire qu'il pré-

ſenta à l'Académie en 1716, diſoit qu'il étoit eſſentiel de faire enſorte que les bouts des pivots portaſſent ſeulement ſur des appuis N (*Fig.* 34.), fixés derriere les platines, & que les appuis, les tigerons ou les aſſietes I des pivots, qui ſont la partie la plus épaiſſe de la tige entre les roües & leurs pivots, ne portaſſent point ſur les platines; on le pratique ainſi aux pivots du balancier & à celui de la contrepotence, mais il faut prendre garde que les pivots ne ſoient pointus. Fig. 34.

Il eſt important dans les Montres, que les frottemens ſoient peu conſidérables & emportent une très-petite portion de la force motrice, mais il l'eſt encore davantage que la quantité des frottemens demeure toujours la même.

De tous les pivots d'une Montre, ceux du balancier méritent la plus grande attention, parce que le grand nombre de ſes vibrations fait une très-grande ſomme de frottemens, qu'il eſt expoſé à de fréquentes ſecouſſes, & que le poids en eſt plus conſidérable, eu égard à la groſſeur de ces pivots, ſurtout ſur le pivot ſupérieur; pour cela on doit faire ce pivot aſſez court pour pouvoir porter dans le coq ſur toute ſa longueur ou à peu près.

XXIV. L'huile eſt abſolument néceſſaire par tout où il y a des frottemens, pour empêcher que les métaux ne s'uſent mutuellement, & lorſque l'huile ſe deſſeche, ſe coagule, ou

s'évapore, la quantité des frottemens & la portion de la force motrice employée à les vaincre, ne peut manquer de varier beaucoup ; il eſt donc important de pouvoir conſerver les huiles, & c'eſt à quoi M. Sully a remédié par l'uſage des réſervoirs d'huile, qui n'étoient autre choſe que de petites échancrures placées à l'extérieur dans les endroits où les pivots perçoient les platines, & recouvertes d'une plaque de cuivre ou d'agathe, ſur laquelle appuyoient les pivots ; par ce moyen, toutes les extrémités des pivots nageoient dans de petits eſpaces pleins d'huile, on en mettoit ſurtout beaucoup au pivot ſupérieur de la fuſée qui, comme on l'a vû ci-deſſus, éprouve toujours un frottement plus grand que celui de la baſe de la fuſée, principalement dans les Montres à l'Angloiſe.

XXV. Ce fut en 1715. que M. Sully commença à pratiquer ces réſervoirs, creuſés en demi-ſphères & recouvertes d'un morceau de cuivre, il fut obligé de creuſer autour des réſervoirs une petite rainure, remplie de cire jaune, pour empêcher l'huile de s'extravaſer ; mais tout cet embarras devient inutile, pourvû que l'on obſerve de tenir les pignons ſuffiſamment éloignés des pivots, afin que l'huile ne quitte point les pivots, pour aller ſe loger dans les pignons ; il ſuffit alors, comme l'a fort bien obſervé dans ce tems-là M. Julien le Roy, de remettre une

goute d'huile à l'extrémité des pivots, elle ne peut manquer d'y reſter fixée, par leur ſeul mouvement; ainſi que l'on voit dans les expériences de Newton, une goute d'eau monter entre deux glaces juſqu'à ce qu'elle ſoit arrivée à leur point de concours, ou ſe fixer au ſommet d'un cryſtal ſur lequel on aura mis une glace qui le touche en un point, cela ſuit des loix de l'attraction.

XXVI. On pourroit croire que l'abondance d'huile venant enfin à ſe coaguler, doit produire une grande réſiſtance dans le mouvement; cependant il eſt facile de prouver que toute cette réſiſtance n'exige pas une augmentation de $\frac{1}{6}$ dans la force motrice, en effet une augmentation de $\frac{1}{6}$ dans la force du grand reſſort, feroit avancer d'une heure par jour une Montre, ſuivant les expériences qu'on en a faites: or, on voit ſouvent des Montres au bout de dix ans, dont la roſette n'eſt pas au dernier point d'avancement, quoiqu'elle ne puiſſe jamais faire avancer d'une heure par jour; donc la coagulation des huiles, pendant dix ans, n'a pas produit un retard d'une heure, ſurquoi il faut obſerver que la force du grand reſſort peut facilement diminuer dans cet eſpace de tems de la valeur d'un douziéme, à peine reſte-t-il donc un douziéme de ſa force, qui doit être employée à corriger le retard que la coagulation & la réſiſtance des huiles a pû produire,

de-là on doit conclure que l'huile eſt toujours néceſſaire, & n'eſt preſque jamais nuiſible.

XXVII. On fait ordinairement peu d'attention à la force du grand reſſort, il y en a dont la force va à plus de deux livres, d'autres à la moitié ; cependant rien de plus nuiſible qu'un excès de force ſuperflue, ce ſeul défaut détruit en peu de tems une montre, qui ſeroit d'ailleurs très-bonne, on doit donc eſſayer des reſſorts & ne les augmenter que peu à peu, faire aller le barillet avec un poids pour juger de la force qui lui eſt néceſſaire, ou bien diviſer le levier par lequel on égale le reſſort à la fuſée, de façon qu'il indique le poids néceſſaire pour réſiſter & faire équilibre au reſſort.

Des Montres à ſecondes.

XXVIII. Pour faire une Montre à ſecondes excentrique, on peut employer une éguille placée ſur la roüe de champ, on peut auſſi y mettre un petit cadran mobile, dont les diviſions paroiſſent par une ouverture pratiquée au cadran des heures pour cet effet ; il faut alors que la roüe de champ faſſe ſon tour en une heure. Ce petit cadran donne l'avantage de pouvoir faire porter le pivot de la roüe de champ par un coq.

XXIX. La ſeconde méthode, dont on voit le deſſein (*Fig.* 14.), conſiſte à mettre un pignon de renvoi I qui engrenne dans la petite Fig. 14.

roüe

roüe moyenne P, & qui faiſant ſon tour en une minute, peut porter une éguille des ſecondes excentriques, c'eſt-à-dire qui ne paſſera point par le centre du cadran ; la roüe de fuſée de 48 dents engrenne dans un pignon de 12, la roüe G de 60 engrenne dans un pignon de 6, la roüe P de 48 conduit deux pignons de 6, un pour la roüe de champ, & un pour l'éguille des ſecondes, on évite par là de charger la roüe de champ d'un éguille ou d'un cadran, & de lui donner un pivot trop gros.

XXX. Mais la conſtruction la plus parfaite eſt celle qui donne les ſecondes par le centre, ſans trop augmenter les frottemens ; tel eſt le calibre (*Fig.* 52.), & le profil (*Fig.* 53.) dans Fig. 52. 53.
leſquels le pignon *a* de la roüe d'échapement même conduit une roüe S, qui porte l'éguille des ſecondes au centre, cette conſtruction ſupoſe pluſieurs attentions.

1°. La roüe de longue tige G, qui fait un tour par heure avec ſon pignon D E de 12, porte un canon F de même piece, qui eſt chauſſé à frottement dur ſur une tige H K ; à l'extrémité de cette tige on peut rapporter un quarré K, fixé avec une goupille pour porter l'éguille des minutes.

2°. Cette tige eſt d'une ſeule piece avec le pignon *b* de cadrature, auſſi de 12.

3°. Ce pignon de 12, comme dans la cadrature ordinaire, engrenne dans la roüe de renvoi L

de 36, celle-ci porte un pignon Z de 10, qui engrenne dans la roüe de cadran T de 40, qui porte l'éguille des heures, & qui eſt ſur un canon porté par un pont VX à l'ordinaire.

4°. Le pignon *a* de la roüe d'échapement engrenne, comme on l'a dit, dans la roüe S des ſecondes, qui tourne ſur la tige HK; qui eſt très-mince, & oppoſe très-peu de frottement.

Fig. 52. 5°. Le calibre doit être tel qu'on le voit (*Fig.* 52.), c'eſt ſurtout le plus propre pour l'échapement nouveau, dont on parlera plus bas; la roüe de longue tige eſt noyée dans la platine, la petite roüe moyenne immédiatement deſſus, & la roüe C, qui tient lieu de la roüe de champ ſe met du côté de la platine du deſſus; par cette diſpoſition on acquiert une eſpace pour la manivelle de l'échapement.

Dans une Montre dont l'échapement ſeroit à roüe de rencontre, la roüe qui conduit celle des ſecondes ſeroit conduite par la roüe de champ.

CHAPITRE IV.

Remarques ſur le choix des Montres.

I. IL eſt impoſſible de juger exactement de la bonté d'une Montre à la premiere vûe & ſans la démonter, il n'y a même en général que les habiles Maîtres qui puiſſent s'en aſſurer, en l'examinant avec toute leur attention. Cette difficulté de diſcerner les bons ouvrages des médiocres, ou des mauvais, eſt la cauſe des abus & des fraudes auxquelles eſt expoſée la crédulité du public, il eſt même peu de perſonnes auxquelles on puiſſe s'en rapporter en toute ſûreté; parce que la néceſſité de ſubſiſter oblige ſouvent les plus habiles à ſe relâcher, & ceux qui le ſont moins à y ſuppléer, par ce qui s'appelle mal-à-propos de l'adreſſe.

II. L'abus le plus criant eſt ſurtout le menſonge des ouvriers obſcurs, qui mettent ſur leurs ouvrages le nom des Maîtres les plus connus; que ne pouvons nous eſpérer de voir bien-tôt le public en état de ſe garantir de l'erreur, de connoître le mérite de ceux-ci, & de punir, par ſon mépris, la témérité des premiers.

III. Nous ſuivrons bien-tôt en détail les perfections de chaque partie d'une Montre, mais

pour à préſent nous nous réduirons, comme M. Sully, à des remarques, qui, quoique générales, peuvent devenir très-utiles.

C'eſt un fort préjugé contre un ouvrage, lorſqu'un Maître qui y a mis ſon nom, le donne à bas prix, parce que les excellens ouvriers ne ſçauroient travailler pour ceux qui ne payent point leur travail; on en doit juger de même des Montres que l'on donne à bas prix, quoiqu'elles portent le nom d'un Artiſte renommé.

IV. Une Montre chargée de nouveautés biſarres, qui ne ſervent qu'à amuſer, & qui n'ont aucune valeur réelle, peut auſſi devenir ſuſpecte; l'envie de ſingulariſer par des objets de cette nature, dénote l'impoſſibilité de ſe diſtinguer par la bonté du travail; telles ſont, par exemple, des Montres où l'on voit le Soleil ſe lever & ſe coucher tous les jours à la même heure, celles où les heures paroiſſent par des ſautoirs au-deſſous du cadran à travers un petit trou, celles où l'on fait paroître le balancier au-dehors, celles dans leſquelles on cache des portraits, ou celles enfin, que l'on a vû l'année derniere, ſous le nom de M. Caron, ſe répandre au détriment de la bonne Horlogerie, dans leſquelles il ſuprimoit la fuſée, partie eſſentielle à la régularité d'une Montre, en noyant une roüe dans la platine, & les autres roües dans la cadrature, pour leur donner l'apparence fauſſe de Montres à une

roüe. Si l'on obſerve que dans les Montres les mieux faites, & où les jours ſont diſtribués avec toute l'exactitude poſſible, il arrive preſque toujours des frottemens du balancier avec le coq ou la couliſſe, du barillet avec la roüe de fuſée, ou avec la platine du nom, de la grande roüe moyenne avec la platine des piliers; que ne doit-il pas arriver dans celle-ci, où les trois roües ſont reſſerrées & réduites à un ſi petit eſpace; ajoûtons à cela que tout le frottement ſe fait ſur un des pivots, ce qui agrandira un des trous conſidérablement & fera pancher la roüe; de plus, les roües n'ayant point de tigeron ni de gorge pour arrêter l'huile, elle ſe repand ſur les roües & y fait une colle. Tous les défauts que je viens de citer, ſont encore plus grands dans les Montres en bague.

V. Pour bien diſtinguer la bonté d'une Montre, il faut l'eſſayer pendant quelques ſemaines, & voir, en la comparant à une Pendule ou à un Cadran ſolaire, ſi elle avance ou ſi elle retarde tous les jours régulièrement, c'eſt-à-dire de la même quantité, c'eſt là ce qui prouvera la régularité & la bonté d'une Montre, quand même elle ne ſeroit pas réglée, c'eſt-à-dire qu'elle avanceroit ou retarderoit conſidérablement chaque jour.

VI. Mais quand la Montre marcheroit avec une régularité parfaite pendant quelques ſemai-

nes, peut-être quelques mois, il ne s'enſuivroit pas abſolument que la Montre fût excellente, à moins que par la bonté de ſa conſtruction, elle ne fût capable de continuer toujours de même. En effet, on voit des Montres de la plus mauvaiſe conſtruction, dont les frottemens ſeront inégaux, les dentures irrégulieres, les pivots mal faits, aller aſſez bien tant que les huiles ſont encore fluides, que les trous & les engrenages n'ont rien perdu; mais outre que ce hazard favorable eſt aſſez peu ordinaire, il ne ſçauroit durer long-tems, & les mauvaiſes Montres ſont réduites en peu de tems à n'être plus d'aucun uſage.

VII. Une expérience journaliere nous apprend qu'on ne doit faire preſque aucun fond ſur ce que les particuliers rapportent, de la bonté ou de la défectuoſité de leurs Montres.

Quelqu'un dira, par exemple, que ſa Montre eſt parfaitement juſte, ſans ſçavoir en quoi conſiſte la juſteſſe, puiſque ce n'eſt point, comme il le croira, avec le Soleil, ni avec les Horloges ordinaires, que l'on peut faire cette comparaiſon; un autre dira que ſa Montre ſuit pendant des mois entiers, peut-être pendant une année, le mouvement du Soleil, ignorant que cela ſeul ſeroit une preuve de la défectuoſité d'une Horloge, puiſque le Soleil s'écarte de l'égalité d'un mouvement uniforme de plus d'un quart d'heure, en avancement & en retard.

On en a vû nous dire, que dans des voyages de Straſbourg, par exemple, à Breſt, une Montre s'étoit trouvée par tout d'accord avec les Horloges, quoiqu'il y ait près d'une heure pour la différence des Méridiens de ces deux Villes, de maniere qu'il eſt midi à Straſbourg, lorſqu'il n'eſt à Breſt qu'onze heures & onze minutes; par conſéquent une Montre miſe à l'heure dans la premiere de ces deux Villes, & tranſportée dans l'autre, y paroîtra avancer de près d'une heure ſi elle a bien été.

Tout ceci ſoit dit en paſſant, pour montrer combien on eſt ſujet à s'abuſer ſoi-même, lorſqu'on veut examiner une Montre ſans avoir les connoiſſances néceſſaires.

VIII. On doit commencer par comprendre exactement la différence qu'il y a dans une Montre, entre ce qui s'appelle *aller réguliérement*, ou ſuivre toujours la marche d'une Pendule réglée: une Montre qui ſuivroit exactement le moyen mouvement du Soleil, ſans s'écarter jamais de l'heure qu'elle doit marquer ne ſeroit pas plus réguliere, que celle qui avanceroit ou retarderoit d'une heure tous les jours; mais ſi cette accélération ou ce retardement ſont tous les jours les mêmes, la montre eſt réguliere, il ne s'agit que de relâcher ou de tendre le reſſort ſpiral, de la quantité qui répond à une heure, & enſuite de la mettre une fois ſur l'heure qu'elle doit marquer.

On ne pourroit donc rien conclure contre la bonté d'une Montre, de ce qu'elle avanceroit ou retarderoit, même conſidérablement, de ce qu'elle ne ſuivroit point le Soleil ou la Pendule, & ne marqueroit jamais l'heure qu'il eſt.

Si l'on compare une Montre à des Horloges publiques, qui ſont ordinairement conduites aſſez mal, ſi l'on ignore le moyen de l'avancer ou de la retarder, comme les meilleures Montres l'exigent de tems en tems, ſi on la laiſſe aller long-tems ſans la remettre à l'heure ſur le Soleil, on pourra croire facilement qu'une Montre va mal, quoiqu'elle ſoit excellente, & qu'elle aille très-bien.

IX. Nous avons parlé plus haut des inégalités auxquelles eſt ſujette une mauvaiſe Montre, ſoit par rapport à la fuſée, ſoit par rapport aux différentes ſituations dans leſquelles elle peut ſe trouver; il arrivera peut-être ſouvent que par une compenſation ou combinaiſon heureuſe de ces différentes variations, une Montre qui va fort inégalement paroiſſe quelquefois fort réguliere, ſurtout ſi on vient à la comparer à ces groſſes Horloges, dont les inégalités peuvent s'accorder par hazard à celles de la Montre, de maniere à les faire trouver d'accord, quoique l'une & l'autre aillent fort mal; au reſte, il dépend beaucoup de l'idée d'un chacun de combler d'éloges ou de blâmer la marche d'une Montre, puiſque

les

les uns y exigeront une préciſion d'une minute, tandis que les autres ne feront pas attention à des variations d'un quart d'heure.

X. Pour juger d'une Montre en peu de jours, autant que cela eſt poſſible, il faut l'eſſayer dans tous les ſens; on commencera par la ſuſpendre pendant 28 ou 30 heures à côté d'une Pendule, en la comparant de 4 en 4 heures, pour voir de combien elle avance ou retarde; ſi elle va toujours également, c'eſt-à-dire qu'ayant avancé, par exemple, au bout de 4 heures de 2 minutes, elle avance de 4 minutes après les 8 heures, & de 12 minutes en un jour, c'eſt une marque que la fuſée eſt bien faite, ſi cette proportion n'y eſt pas, on peut juger en général que la Montre eſt mal faite; il pourroit arriver cependant qu'un ouvrier négligent, & qui auroit eu entre les mains une Montre, d'ailleurs aſſez bonne, y eût occaſionné ce défaut, en ne mettant pas le reſſort préciſément à la même hauteur, ou au même degré de bande où il étoit lorſque la Montre a été faite; pour diminuer l'effet de ces inégalités, il faut, autant qu'il eſt poſſible, remonter une Montre tous les jours à la même heure.

XI. Après cette premiere épreuve, on remettra de nouveau la Montre en comparaiſon avec la Pendule, pendant 30 heures, mais ſur une table, en obſervant encore de 4 en 4 heures de combien elle pourra s'en éloigner; ſi les

variations ſont les mêmes que dans le premier cas, & qu'au bout de 30 heures elle ait avancé ou retardé autant que la premiere fois, ou à une minute près, on a un préjugé très-fort pour la bonté de la Montre.

Si, au contraire, on trouvoit 5 ou 6 minutes de plus ou de moins que dans les 30 premieres heures, c'eſt un mauvais préjugé, ſurtout dans une Montre neuve; bien des ouvriers ne ſçavent guéres les cauſes de cette imperfection.

XII. Il ſeroit encore utile d'éprouver enſuite pendant un jour la Montre, en la mettant ſur la table, mais renverſée ſur ſon cryſtal, & un autre jour en la portant ſur ſoi; ſi ſon avancement ou ſon retardement journalier continue à être de la même quantité, on aura mis une Montre à toutes les épreuves par leſquelles on peut juger de ſa bonté.

Pour être à l'abri de ces ſortes d'irrégularités, lorſqu'on a une Montre médiocrement bonne, on doit obſerver de la tenir toujours dans la même ſituation, c'eſt-à-dire à la poche pendant le jour, & ſuſpendue pendant la nuit.

XIII. Enfin, l'on ſçait qu'il y a dans toutes les grandes Villes, un certain nombre de Maîtres habiles, auxquels on peut s'en rapporter en toute ſûreté; leur probité & leur réputation ſont les meilleures aſſûrances que puiſſent ſe procurer ceux qui craignent d'être trompés; ſi l'on négli-

ge ce ſecours, on ne ſçauroit tirer un grand avantage de toutes les regles que nous venons de donner. Lorſqu'on a une bonne Montre, il eſt important de ne la pas confier à des ouvriers négligens ou mal adroits.

En général, l'art de bien raccommoder les Montres eſt auſſi important que celui de les bien faire, & l'on gagneroit ſouvent plus à envoyer ſa Montre dans une Capitale, ſi elle a beſoin de quelque réparation, qu'à la confier à des ouvriers qui, peut-être, ſeroient incapables de faire bien aller une mauvaiſe Montre, & très-propres à en gâter une bonne, ou du moins à la faire aller mal.

Au reſte, nous avons dit déja que lors même qu'une Montre va mal, il n'eſt pas impoſſible que ce ſoit une bonne Montre, c'eſt-à-dire une Montre bien conſtruite, dont les matériaux ſont bien choiſis, les parties bien diſpoſées & proportionnées avec jugement & adreſſe; on verra ci-après le détail des perfections néceſſaires à une bonne Montre : mais ce que l'on peut appeller une Montre véritablement bonne, eſt un ouvrage auſſi rare que curieux. Combien d'Artiſtes qui ſe glorifient de donner à leurs ouvrages le dernier degré de perfection, mais qui, faute d'application, d'expérience, d'occaſions, en ſont véritablement incapables! je l'ai toujours vû avec douleur, & je ne l'avoue qu'avec regret.

CHAPITRE V.

Maniere de faire avancer ou retarder une Montre, par le moyen du reſſort ſpiral.

I. NOUS avons dit, ci-deſſus, qu'on ne devroit point ſe plaindre d'une Montre, quand même elle avanceroit ou retarderoit d'une heure par jour, pourvû que cet avancement ou ce retard fuſſent conſtans & réguliers; lorſque cela arrive, on y remédie avec la derniere facilité par la méthode ſuivante.

Planch. II. Fig. 24. On voit ſur la platine intérieure (*Fig.* 24.), en ouvrant une Montre, deux pieces, l'une dorée & percée à jour, qui eſt le *coq* AB, l'autre argentée, qui eſt la *roſette* P.

II. Le coq ſert à recevoir l'un des pivots du balancier de la Montre, qui eſt repréſenté (*Fig.* 31.), l'on y voit le petit reſſort (*Fig.* 27.) qui, en ſe contractant & ſe dilatant à chaque vibration du balancier, ſert de régulateur à la Montre, & modere les vibrations du balancier.

Fig. 31. Fig. 27.

III. Ce reſſort fut imaginé en 1674, par M. Hughens, & exécuté par M. Turet, habile Horloger de ce tems-là; M. Hook, en Angleterre, & l'Abbé de *Hautefeuille*, à Paris, prétendirent

auſſi chacun en avoir été l'inventeur ; c'eſt ce qui a fait dire dans un Mémoire publié en 1751, ſous le nom de M. *Andrieu*, Avocat de la Communauté des Horlogers de Paris, contre M. *Rivaz*, que l'Abbé de Hautefeuille en étoit l'inventeur, & M. Hughens le plagiaire ; & cela ſous prétexte de ce que le premier y avoit appliqué, dit-on, à peu près dans le même tems un reſſort ordinaire. Le fameux Leibnitz, dont le nom ſeul eſt un éloge, dans ſes remarques ſur M. Sully, (regle art. du tems *p.* 187) nous dit préciſément qu'il étoit alors à Paris, & que l'Abbé de Hautefeuille, qui fit un Procès à M. Hughens, fut débouté de ſes demandes.

Au reſte, les connoiſſances & le génie ſupérieur de ce grand homme, le doivent mettre au-deſſus de pareilles imputations qui, d'ailleurs, n'ont été fabriquées que par des perſonnes qui avoient intérêt dans ce tems-là, à décrier l'Académie & tous les Savans, qui en ont fait partie depuis ſon origine, mais qui ſe ſont trouvées réduites depuis à déſavouer leur ouvrage.

IV. La roüe Q, que l'on voit (*Fig.* 27. & 28.), ſert à faire mouvoir un rateau (*Fig.* 27.) qui porte une rainure R, pour recevoir le ſpiral & le contenir de maniere, que ſes vibrations, qui commencent au centre, c'eſt-à-dire proche de la verge du balancier, finiſſent en R, au lieu de s'étendre juſqu'au piton S, auquel eſt fixée Fig. 27. 28. Fig. 27.

l'extrémité du ſpiral : par ce moyen, le ſpiral étant raccourci, ſes vibrations deviennent plus promptes, & plus fréquentes, par conſéquent la Montre doit avancer.

V. La quantité dont les vibrations s'accélerent par ce moyen, peut être extrêmement petite, on peut, par exemple, ne tourner la roſette que d'une quantité propre à faire retarder la Montre d'une minute ſeulement par jour, c'eſt-à-dire à augmenter la durée de chaque vibration de $\frac{1}{1440}$ ou $\frac{1}{388800}$ minute, cette énorme ſous-diviſion ne ſe comprend qu'à peine, mais elle n'en eſt pas moins réelle : car enfin, on ſent aſſez que pour faire retarder une Montre d'une heure par jour, ou de la vingt-quatriéme partie, il faudroit que chaque vibration durât un vingt-quatriéme de plus qu'elle ne duroit auparavant ; or, comme il y a 1440 minutes dans un jour, ou 388800 vibrations d'une Montre ordinaire, c'eſt-à-dire 270 par minute, il s'enſuit que retardant une Montre d'une minute par jour, on n'aura changé la durée de chaque vibration que de la 388800e partie d'une minute.

Cette extrême ſubtilité de diviſion eſt ſemblable à celle des cordes tendues qui rendent un ton plus aigu pour peu qu'elles augmentent de tenſion, mais qui, ſans cela, rendent toujours auſſi le même ſon, de même qu'un reſſort

fait toujours à peu près un même nombre de vibrations dans le même eſpace de tems, quand même on changeroit un peu la grandeur de ces mêmes vibrations.

VI. La roſette ou petite plaque d'argent P (*Fig.* 24.), eſt quelquefois diviſée par des chiffres que l'on y met à volonté, & qui ne ſervent qu'à reconnoître de quel côté on doit tourner l'éguille, & à quel endroit elle correſpond; mais dans les Montres Angloiſes où la roſette, c'eſt-à-dire le cadran lui-même eſt mobile, on voit à la place de cette éguille quelque marque dans la gravûre, qui eſt autour de la roſette, comme une flêche, un ſerpent, un oiſeau, auquel on compare les chiffres de la roſette. Cette éguille ou cette flêche doivent ſe trouver en général à égale diſtance du premier & du dernier chiffre, de ſorte que s'il y a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, l'indice réponde environ à 4, quand la Montre ſort des mains de l'ouvrier; le mouvement vers P, ſert à faire avancer la Montre, (on y met ſouvent le mot *avance*) & le mouvement en-dedans ou vers la gauche, ſert à faire retarder; ou, ce qui revient au même, il faut tourner, ou la roſette, ou l'éguille, enſorte que l'indice, ſoit éguille, ſoit flêche, aille ſelon l'ordre des nombres, ou du plus petit au plus grand, pour faire avancer la Montre, & contre l'ordre pour la faire retarder. Fig. 24.

VII. Quoique les roſettes à la Françoiſe, & qui ſont fixées, ſoient plus commodes, les couliſſes à l'Angloiſe peuvent avoir un avantage, en ce que la roüe pouvant être fort petite, le mouvement ſera très-ſenſible ſur la roſette, & beaucoup moins ſur le rateau.

VIII. La diſtance d'un chiffre à un autre, répond dans différentes Montres à des quantités différentes, de ſorte qu'on ne peut dire de quelle quantité on doit tourner la roſette pour faire avancer ou retarder la Montre d'une quantité donnée.

Mais il eſt facile à un chacun de trouver, par expérience, de combien il faut mouvoir la roſette pour produire, par exemple, un avancement ou retard d'un quart d'heure ; je ſuppoſe, en effet, qu'un jour on ait vû que la Montre retardoit de 5 minutes par jour, on tournera de dedans au dehors l'éguille de roſette, en la faiſant avancer exactement d'une diviſion, le lendemain ſi on voit que la Montre ait avancé de 10 minutes, c'eſt marque qu'une diviſion ou l'intervalle d'un chiffre à un autre ſur la roſette produit 15 minutes de différence, on ſçaura donc toujours de combien il faut la faire mouvoir pour produire tel effet que l'on jugera à propos, comme de 9, de 10 minutes, &c.

IX. Il faut cependant remarquer que dans de méchantes Montres, comme il s'en trouve un ſi

grand

grand nombre, la couliſſe peut être mal faite; l'engrenage de la roüe de roſette avec le rateau étant imparfait, ne produira pas l'effet qu'on en attend; il y en a dont la plaque n'a point de chiffres, ou dont les chiffres ſont marqués à contre-ſens, mais on s'en appercevra & on y ſupléra facilement par l'expérience que nous venons d'indiquer, & ces défauts ſont aujourd'hui aſſez rares.

X. Il ne ſera pas inutile de remarquer qu'on eſt ordinairement dans l'erreur, en croyant que lorſqu'on veut remettre une Montre à l'heure, il eſt dangereux de tourner les éguilles en arriere, de façon qu'il vaudroit mieux, ſuivant le préjugé, leur faire faire onze tours dans le ſens ordinaire qu'un tour dans l'autre ſens; mais il arrivera peut-être, au contraire, qu'à force de tourner l'éguille dans le même ſens, elle tournera ſi facilement, que le roüage continuant ſa marche ordinaire, l'éguille pourra reſter en arriere.

XI. Ce doit donc être une régle générale, dans les Montres ordinaires, de tourner toujours les éguilles du côté où elles ont le moins de chemin à faire, pour aller à l'heure où elles doivent être miſes, dans quel ſens que ce ſoit, à moins qu'on ne ſentit une réſiſtance forte en les reculant, comme il arrive dans quelques Montres à ſonnerie, à cauſe de la détente, qui néantmoins le plus ſouvent eſt briſée, pour permettre le mouvement en arriere.

CHAPITRE VI.

Comparaiſon des Horloges & des Montres, de leur conſtruction, & de leur exactitude.

I. DANS les tems les plus reculés, nous voyons que les Bergers de la Chaldée, en obſervant les mouvemens céleſtes, diviſoient chaque révolution en parties égales, par l'écoulement de l'eau qu'ils renfermoient dans des vaſes, diviſés ſuivant leur hauteur; l'uſage des ſabliers, ou celui des cadrans ſolaires, qui ſuccéderent dans des tems plus éclairés, n'étoit guére plus commode ou plus exact; les roües dentées ſont le plus ſûr moyen de ſe procurer un mouvement toujours égal, auſſi nous ne parlons ici que des Horloges faites avec des roües.

II. Nous avons dit qu'il y avoit deux ſortes de puiſſances motrices, les poids ou les reſſorts, il y a auſſi deux ſortes de puiſſances réglantes, le balancier & le pendule.

Planch. II. Fig. 31. Le balancier, comme on l'a vû (*Fig.* 31.), eſt un cercle de cuivre ou d'acier, que l'on applique aux Montres, & que l'on voit auſſi dans les anciennes Horloges; quoique le balancier ſoit deſtiné à faire des vibrations alternatives toujours égales, il va cependant plus vîte lorſ-

que la force du roüage augmente, de maniere que toutes les inégalités de la force motrice y deviennent ſenſibles.

III. Le pendule, au contraire, n'eſt point ſujet à cet inconvénient, & une petite augmentation dans la force motrice, ou dans la grandeur des arcs qu'il décrit, ne change ni la durée ni l'égalité des vibrations. On fait le pendule de 5 ou 6 pouces, quelquefois on le fait de 9 pouces 2 lignes, pour qu'il batte les demi-ſecondes, c'eſt-à-dire que l'allée & le retour ſe faſſent tous deux dans l'intervalle d'une ſeconde, ou 60 fois dans une minute; on en fait ſurtout de 36 pouces 8 lignes & $\frac{57}{100}$, ou $\frac{4}{7}$, longueur néceſſaire pour que chaque battement ſe faſſe en une ſeconde, c'eſt-à-dire que l'allée & le retour ſe faſſent en deux ſecondes.

IV. Pour pouvoir donner au balancier des Montres une partie de la juſteſſe que le pendule procure aux autres eſpeces d'Horloges, M. Hughens, de l'Académie des Sciences de Paris, imagina, comme on l'a dit, le petit reſſort ſpiral, que l'on voit (*Fig.* 27. *&* 28.), qui eſt tendu à chaque vibration par le balancier, & qui ſert à le ramener pour former la vibration ſuivante; le balancier doit être peſant pour mieux régler les vibrations, & aſſez petit pour ne pas exiger un ſpiral trop fort. Fig. 27. 28.

Malgré cela, la nature de la conſtruction d'u-

ne Montre eſt telle, que quelque parfaite qu'elle puiſſe être, quelque ſoin & quelque adreſſe qu'on ait employé à la conſtruire & à la régler, il eſt comme impoſſible que ſon mouvement dure long-tems avec le même degré de juſteſſe.

Les Horloges à pendule ne ſont pas elles-mêmes exemptes d'irrégularités ; nous en avons parlé dans le Chapitre II. mais ſi l'on peut s'aſſurer d'une Pendule bien faite, & qui aura été bien réglée, juſqu'à répondre qu'elle ne variera pas d'une minute en une année, on ne ſçauroit répondre par rapport à la meilleure Montre de poche, qu'elle ne variera pas d'une minute par jour.

V. En effet, le poids dans une Pendule a une force conſtante & invariable, au lieu que le reſſort, qui eſt la force motrice dans une Montre, peut varier par pluſieurs cauſes qu'on ne ſçauroit apprécier ni prévoir exactement.

VI. Le poids d'une Pendule agit ſur un cylindre ou ſur une poulie, ſur laquelle il y a des petites pointes pour empêcher la corde de gliſſer, & dont la conſtruction eſt très-facile, au lieu que le reſſort d'une Montre agit ſur la fuſée (*Fig.* 40. 49. 50.), qui doit être telle que ſon diametre ou ſon épaiſſeur en bas augmente en même proportion, que diminue la force du reſſort qui ſe dévelope, afin que le reſſort, qui agit ſur un plus grand diametre, agiſſe avec plus d'a-

Figures 40. 49. 50.

vantage, & puiſſe produire le même effet avec le peu de force qui lui reſte.

Cet artifice eſt indiſpenſable dans l'échapement à roüe de rencontre, qui, par ſa nature, ne peut apporter aucune correction aux inégalités de la force motrice, de ſorte que les Montres où il ſe trouve, (& c'eſt encore le plus grand nombre) doivent avancer pour peu que la force motrice vienne à augmenter, auſſi voyons-nous communément les bonnes Montres retarder peu à peu, parce que le grand reſſort s'affoiblit avec le tems, & que les frottemens augmentent dans toutes les parties, par la perte de leur poli, & par la coagulation des huiles, ſurtout ſi le reſſort n'eſt pas exceſſivement fort, ſi les pivots ſont un peu trop gros, & que d'ailleurs le cuivre ſoit bien forgé, les palettes dures, le balancier péſant.

VII. Le reſſort eſt enfermé dans une eſpece de tambour, ou de barillet B (*Fig.* 3. 33. 35.), auquel la chaîne eſt attachée par un bout, tandis que l'autre bout eſt attaché à la fuſée; lorſqu'on vient de monter une Montre, la chaîne eſt toute entiere roulée ſur la fuſée, le reſſort qui eſt tendu, & qui agit avec toute ſa force pour faire tourner le barillet, dévuide la fuſée, &, par ce moyen, fait mouvoir le roüage. Figures 3. 33. 35.

VIII. Il eſt rare de trouver le reſſort égal à la fuſée, c'eſt-à-dire tel que la fuſée augmente

exactement dans la même proportion que la force du reſſort diminue ; cette égalité ſe perd même par le relâchement du reſſort, auſſi preſque toutes les Montres péchent à cet égard.

Il arrive même ſouvent que les différens tours de la fuſée, étant plus ou moins gros qu'ils ne doivent être, la Montre avancera pendant quelques tems, retardera enſuite, & cela tous les jours, mais à différentes heures, ſi on néglige de la monter à la même heure ; enfin, il arrivera auſſi que le grand reſſort venant à ſe caſſer, la fuſée ne ſera plus proportionnée au nouveau reſſort qu'on y mettra, ou ſi on entreprend de l'y remettre on ſera obligé de gâter peut-être entiérement la fuſée.

IX. Le roüage d'une Pendule eſt beaucoup plus ſuſceptible de perfection que celui d'une Montre, il eſt plus facile de travailler les pieces de la premiere avec exactitude, qu'il ne l'eſt de former les parties pour ainſi dire inſenſibles d'une petite Montre, pour leur donner le même degré de préciſion.

X. Quand au régulateur, celui des Montres eſt, par ſa nature, ſujet à des irrégularités qu'on ne rencontre point dans les Pendules : nous avons dit plus haut que le balancier d'une Montre ne pouvoit manquer d'aller plus vîte, pour peu que la force du roüage devînt plus grande, la réſiſtance de l'air plus petite, & le reſſort ſpiral plus

ou moins reſſerré, au lieu que le pendule chargé d'une lentille peſante, & décrivant de très-petits arcs, ne peut manquer d'être toujours *iſochrone*, c'eſt-à-dire de faire des oſcillations qui ayent exactement la même durée; on peut doubler le poids d'une bonne Pendule, qui auroit un échapement à repos bien fait, ſans qu'elle avance pour cela d'une ſeconde par jour, au lieu qu'une Montre à roüe de rencontre, à laquelle on appliqueroit une force double de celle de ſon grand reſſort, pourroit avancer de ſix heures par jour & même davantage.

XI. Les différentes ſituations d'une Montre produiſent auſſi des inégalités dans ſon mouvement; par exemple, une Montre, en général, allant bien lorſqu'elle eſt ſuſpendue; avancera ſi on la met ſur une table, parce que tous les pivots ſont plus libres, ne portant que ſur leurs pointes, & éprouvant par conſéquent un frottement beaucoup moindre, le balancier pourra faire des vibrations plus promptes & plus fréquentes, la Montre devra donc avancer.

Il arrivera donc quelquefois que ſi pendant la nuit on oublie ſa Montre ſur une table, elle aura avancé d'un quart d'heure plus qu'elle n'avoit coutume, au lieu que le défaut n'eſt preſque pas ſenſible dans les bonnes Montres.

XII. Une des cauſes de cette variation, arrive lorſque le balancier ne ſe trouve pas parfaitement

en équilibre ; car la partie la plus péſante faiſant toujours effort pour deſcendre, lorſque la Montre eſt ſuſpendue elle ira plus lentement, ſi la partie ſupérieure ſe trouve la plus péſante, & elle ira plus vîte ſi c'eſt la partie inférieure qui vienne à l'emporter.

XIII. La ſeconde cauſe ſera la longueur des pivots du balancier, la profondeur de leurs trous, comme nous venons de le dire, laquelle occaſionne un plus grand frottement dans certaines ſituations : or, un plus grand frottement eſt plus ſujet au changement qu'un moindre, de-là la cauſe des variétés.

XIV. La troiſiéme cauſe, vient de ce que l'axe du balancier qui devient horiſontal ou vertical, lorſque la Montre eſt ſuſpendue ou miſe à plat, engrenne plus ou moins dans les dents de la roüe de rencontre, comme on le voit (*Fig.* 13. & 34.), parce que les pivots ayant néceſſairement un peu de jeu dans leurs trous, ſurtout après avoir ſervi long-tems, ils s'écartent tant ſoit peu à droite ou à gauche, ſuivant la ſituation de la Montre ; & comme les arcs du balancier deviennent plus grands lorſque les palettes engrennent davantage, elle retardera pour lors, ce qui arrive quand la Montre eſt ſuſpendue ; on en doit dire de même de la roüe de rencontre, qui n'appuye que ſur le bout d'un de ſes pivots, lorſque la Montre eſt ſuſpendue (*Fig.*

Fig. 13.34.

(*Fig.* 1. *&* 14.) au lieu qu'elle éprouve le frot- Fig. 1. 14.
tement des deux pivots lorſque la Montre eſt à plat, ce qui diminue ſa facilité au mouvement, & la grandeur des arcs du balancier.

XV. L'engrénage de la roüe de champ eſt de même nature que celui-ci ; le pignon de la roüe de rencontre engrenne moins pour peu qu'il ait de jeu, & s'écarte de la roüe de champ, lorſque la Montre eſt à plat, de même que cette roüe cherche à s'écarter du pignon lorſque la Montre ſera couchée ſur ſon cadran, le reſſort agiſſant pour lors beaucoup moins, la Montre pourra avancer conſidérablement.

XVI. Les autres roües de la Montre ne ſeront pas ſujettes à cet inconvénient, parce que l'effort qu'elles font chacune ſur le pignon qu'elles doivent conduire, étant toujours déterminé vers un même côté, ne leur permet pas de ceder à leur péſanteur.

XVII. La force du balancier n'eſt pas à négliger ; plus la circonférence en eſt péſante & le milieu léger, plus la Montre retardera en général ; dailleurs, il arrivera ſouvent à un balancier péſant, que l'un des pivots vïenne à s'enfoncer plus que l'autre dans certaines ſituations ; cela n'empêche pas que les balanciers petits & péſans ne ſoient avantageux ſur-tout avec un échappement à repos. Le reſſort ſpiral doit être fort mince afin qu'il ne puiſſe jamais faire effort pour le-

ver le balancier ou pour l'abaiſſer, ce qui rendroit le frottement des pivots différent ſuivant les différentes poſitions.

XVIII. La péſanteur de l'air varie conſidérablement d'un jour à un autre, la différence eſt quelquefois d'un douziéme; ſa denſité varie auſſi; lorſque l'air eſt plus péſant il oppoſe une plus grande réſiſtance aux Pendules & aux balanciers, mais la Montre en ſera beaucoup plus affectée que la Pendule, ſoit parce que le balancier d'une Montre va beaucoup plus-vîte, ſoit parce que ſa ſurface eſt plus grande, eu égard à ſa péſanteur, & que l'air a par conſéquent plus de priſe & plus davantage pour diminuer ſon mouvement.

XIX. On ne parlera pas davantage des frottemens & des irrégularités qui en proviennent, elles ne ſont pas ſujettes à des loix aſſez conſtantes, non plus que celles qui dérivent de l'uſure plus ou moins grande des différentes parties, ſuivant que leur ſituation ou leur uſage les y expoſent plus ou moins.

CHAPITRE VII.

Examen de toutes les parties d'une Montre, avec un détail de toutes les attentions néceſſaires pour repaſſer ou finir un mouvement, & pour le réparer.

I. MONSIEUR Gaudron, célebre Horloger de Paris, a été le premier qui ſoit entré dans tous les détails néceſſaires à celui qui veut examiner ou finir une Montre avec le dernier ſoin, ou la remettre dans un état de perfection, lorſque par la négligence du finiſſeur, ou par un long eſpace de tems elle eſt devenue moins parfaite; nous allons ſuivre la plus grande partie de ſes remarques imprimées en 1741. dans le Traité d'Horlogerie de M. Thiout, en y faiſant les additions & changemens convenables.

II. L'art de racommoder les Montres, eſt auſſi eſſentiel que celui de les finir; c'eſt pourquoi nous les mettons ici de pair: comme les Horlogers les plus habiles ont beſoin de tous les détails dans leſquels ils doivent entrer pour ne rien laiſſer à déſirer dans leurs ouvrages, on ne ſauroit les leur mettre trop ou trop ſouvent devant les yeux, & nous avons crû faire plaiſir aux finiſſeurs en particulier, & à tous les Horlogers en général, en leur rappellant toutes ces pe-

tites attentions qui ſont à la fois ſi utiles & ſi faciles à oublier. Nous croyons même que les particuliers trouveront leur avantage & leur ſatisfaction à connoître par eux-mêmes, d'un côté toute l'importance qu'il y a à ne confier leurs Montres qu'à des Artiſtes qui ſoient en état de ſuivre tous ces détails, de l'autre toute la peine & le tems qu'exige un examen auſſi ſcrupuleux que celui dans lequel nous allons entrer.

III. Il faut qu'une Montre ſoit montée & toutes les pieces en place pour pouvoir en bien juger, pourvû d'ailleurs qu'elle ſoit nette, & que les pivots ne ſoient point gênés dans leurs mouvemens par quelques corps étrangers; il ſeroit donc utile de remonter une Montre lorſqu'elle eſt nétoyée, pour examiner en place toutes les pieces.

IV. La premiere obſervation qui ſe préſente, concerne l'extérieur de la boëte; on verra ſi le criſtal ne touche point au cadran, de maniere qu'il puiſſe le faire éclater ou empêcher de fermer la lunette; on examinera ſi la charniere ne branle point, ſi le reſſort du cadran enclique bien, s'il n'uſe point le bord de la boëte, s'il entre aſſez avant pour bien tenir, ſi le mouvement ne balotte point en hauteur ou en largeur, ſi le trou par lequel on tire le reſſort du cadran n'eſt point trop court, ou ſi étant trop près du bord, le bec du reſſort ne va point toucher au criſtal.

V. Paſſant enſuite aux éguilles, on obſervera que les éguilles doivent être aſſez éloignées entre elles pour ne point ſe gêner mutuellement, qu'elles doivent être ben fixiées, que l'éguille des minutes doit être fixe ſur ſon quarré ſans aucune vacillation, tourner paralellement au cadran, & n'en approcher pas plus dans un point que dans l'autre; on doit prendre garde qu'elle ne touche point au criſtal, qu'elle ne s'accroche point au bec du reſſort de cadran, ſoit lorſqu'il eſt reculé en arriere, ſoit lorſqu'il eſt fermé, que l'éguille des heures ne frotte point ſur le cadran, que ſon extrémité ne touche point au quarré de la fuſée qui ſouvent excede le cadran, qu'elle tourne ſur ſon canon également.

VI. Si la chauſſée des minutes n'eſt pas bien ajuſtée, il faut y remédier avant que de remonter la piece, parce qu'il arrive ſouvent que l'on force une dent de la roüe en le faiſant enſuite.

Pour cet effet l'on dégagera avec une lime à entrer, la chauſſée des minutes, l'on conſervera ſeulement les deux extrémités ſur leſquelles le canon des heures doit rouler, & vers le milieu à proportion que la chauſſée ſera longue, on la limera des deux côtés juſqu'au vuide; enſuite on reſſerrera un peu le milieu avec un coup de marteau, par là la chauſſée tournera également & avec douceur.

La roüe de cadran doit être libre & être rete-

nue par ſon aſſiete ſous le cadran ; de maniere qu'elle ne puiſſe point paſſer par - deſſus le pignon de la roüe des minutes.

VII. En ôtant le cadran on verra ſi les goupilles ne le forcent point, ſi les engrénages de la cadrature ſont bons, ſi la roüe de cadran n'eſt point trop juſte ſur la chauſſée des minutes, ſi la roüe de renvoi eſt libre en tout ſens, ſi elle n'a pas trop de frottement ſur la platine ; dans ce cas il faudroit la creuſer par-deſſous, & ne lui laiſſer qu'un petit champ auprès des dents.

VIII. On remontera un tour de la ſuſée pour obſerver ſi chaque dent du rochet tient bien, ſi le cliquet eſt bien rivé, ſi les rebarbes de ſa rivure ne nuiſent point à la grande roüe moyenne, s'il eſt aſſez long & aſſez libre, & ſi le reſſort fait ſon effet, ſi le garde-chaîne réſiſte bien à l'effort de la main, ſi le crochet de la ſuſée eſt bon, & s'il appuie bien ſur le garde-chaîne.

IX. En voyant marcher le mouvement on examinera les engrénages de la petite roüe moyenne & de la roüe de champ, ſi le pignon de la roüe de rencontre eſt de bonne groſſeur, s'il tourne & retourne librement dans les dents de la roüe de champ lorſque la Montre chemine bien, & ſi le pignon de la roüe de champ eſt de groſſeur.

X. Le balancier doit tourner bien droit, n'avoir pas trop de jeu dans ſes trous, mais unique-

ment la liberté néceſſaire ſur-tout dans celui du coq; les bouts des pivots doivent être les plus plats qu'il eſt poſſible, & ne gratter en aucun ſens ſur l'ongle.

XI. Le balancier ne doit point toucher au coq ni à la platine non plus que ſon aſſiette ou ſa virolle, cette virolle doit circuler rondement, n'être ni trop groſſe ni trop petite, la goupille ne doit point faire appuier le ſpiral ſur l'aſſiette du balancier, ni percer en-dedans de la virolle, parce qu'en ce cas il ſe dérangeroit en tournant la virolle; le balancier doit être exactement de *pé-ſanteur*, c'eſt-à-dire en équilibre avec ſa virolle & ſa goupille.

XII. Le reſſort ſpiral doit être plié exactement & régulierement en ſpiral, tourner droit, & n'être point obligé à battre contre quelques pieces, ſur-tout lorſque le rateau eſt pouſſé du côté du retard, ou lorſqu'il décrit de trop grands arcs, on aura ſoin pour cela que la fente du rateau ſoit aſſez diſtante de la couliſſe, qu'elle ſoit aſſez profonde & aſſez large pour ne pas faire pliſſer le ſpiral en conduiſant le rateau à droite ou à gauche.

XIII. Le piton doit avoir ſon trou diſpoſé vis-à-vis la fente du rateau lorſqu'il eſt entierement pouſſé du côté du retard, afin que la fente ne pouſſe ni ne retire le ſpiral.

Le piton ne doit être qu'à une ligne de l'en-

droit où s'arrête la queue du rateau au bout du retard ; il faut qu'il ne ſoit point trop épais pour que la longueur de ſon trou ne force point le ſpiral ; que la goupille ſoit un peu plate des deux côtés afin de pouvoir baiſſer ou élever le ſpiral avec la pincette.

XIV. Il faudra examiner ſi le rateau fait bien tous ſes effets, ſi la roüe de roſette eſt bien ajuſtée, ſi ſon quarré auſſi bien que celui de la chauſſée des minutes eſt de même groſſeur que le quarré de la fuſée ; ſi en le conduiſant doucement il n'y a point de dents qui forcent ou faſſent lever la couliſſe ; ou ſi l'engrenage n'a pas trop de jeu ; on ſent bien en effet que dans ce cas là on ſeroit trompé par le mouvement de la roſette, & qu'on croiroit avoir avancé ou retardé ſa Montre lorſque réellement le rateau n'auroit pas changé de place.

XV. On paſſera enſuite à l'intérieur du mouvement, pour voir ſi la palette d'en-bas n'approche pas trop du talon de la potence, ſi elle n'eſt point trop à fleur du cercle de la roüe de rencontre, enſorte que la Montre étant à plat, les dents de cette roüe prennent la palette inférieure trop en bas ou trop au bord, ſi la roüe de rencontre ne touche point à l'aſſiette du balancier, ſi les palettes de la verge ſont d'équerre, bien plattes & bien polies, d'égale longueur, propres à faire lever 40 degrés, un peu arondies par les bords

bords pour empêcher qu'elles ne grattent les dents lorſqu'elles les ramenent.

XVI. Il faut prendre ſoin d'éviter les battemens, renverſemens, ou accrochemens, conduire le balancier doucement & à la main pour juger de l'égalité ou l'inégalité de la roüe de rencontre, en comptant deux fois autant de vibrations qu'il y a de dents à la roüe.

XVII. En démontant le coq on appercevra ſi les vis ſont ſolides, ſi elles ne forcent point le coq ou la platine, & ſi elles ne rempliſſent pas trop les noiûres dans leſquelles elles ſont logées, ce qui forceroit le coq.

XVIII. L'on fera courir enſuite le roüage peu-à-peu & lentement, pour voir ſi les roües tournent rondement, également & parallelement aux platines, on obſervera ſi le barillet a des jours, deſſus, deſſous & de côté, de maniere qu'il ne touche point aux platines, à la fuſée, à la chaîne ou à la grande roüe, ce que l'on verra plus facilement tandis que la chaîne tirant le rouage, tend à rapprocher la fuſée du barillet.

XIX. On prendra ſoin qu'il n'y ait aucune vis de dehors qui rentre au dedans de la cage, & qui puiſſe toucher au barillet ou à aucune autre des pieces; que les tiges des roües de champ & de rencontre ne ſe touchent point, ou ne ſoient point trop écartées, ce qui ſeroit également défectueux; qu'aucune des roües ne touche ou aux

piliers, ou aux autres pieces voiſines, mais ſurtout qu'elles n'ayent point trop de liberté en cage, & que les trous ne ſoient pas trop grands ; il ne faudroit pas non plus qu'elles y fuſſent trop gênées.

XX. Les trous doivent être ébiſés par dehors en forme de cones ou de réſervoirs pour recevoir l'huile comme on l'a dit dans le Chapitre III. Il faut que chaque pivot paroiſſe au fond ſans être plus élevé ni plus court, de peur qu'une partie du pivot ou une partie du trou venant à s'uſer plus que l'autre, les frottemens n'en ſoient augmentés ; en effet il arrivera ſi le pivot eſt trop grand qu'il s'y formera une gorge par l'uſure ou le frottement de la partie qui touche la platine & qui en traverſe l'épaiſſeur tandis que l'extrémité reſtera en forme de tétine ; au contraire ſi le pivot eſt trop court, & s'il ne traverſe qu'une partie de l'épaiſſeur de la platine, il s'uſera vers la pointe, & creuſera l'intérieur ſeulement de la platine, de ſorte qu'il y reſtera une petite portion de ſon épaiſſeur ſur laquelle frottera le pivot.

XXI. Avant que de démonter le mouvement, on examinera s'il y a un repaire ſur l'arbre du barillet & ſur la platine, pour remettre le reſſort au même degré de bande lorſqu'il s'agira de remonter le mouvement.

XXII. En le démontant, il ſera facile d'obſerver ſi les piliers ſont d'égale hauteur, s'ils ne

forcent point la cage & ne bridents point la platine lorſqu'on enfonce les goupilles avec force ; s'ils ſont bien rivés, ſi le porte pivot de la contrepotence ne laiſſe point trop de jeu ou trop peu à la roüe de champ, & ſi le trou du nez de la potence eſt trop grand, on y mettra un lardon à clavette qui porte le trou de la roüe de rencontre, par là on aura la facilité de bien partager les chutes de l'échapement.

XXIII. Après avoir ôté le balancier & la roüe de rencontre, on verra ſi les pivots de cette roüe ſont bien faits, ſi le pivot qui entre dans la contrepotence ou dans le porte pivot eſt bien bruni, autrement il perceroit le trou du piton de la contrepotence, & les dents de la roüe de rencontre n'auroient plus la même levée. Il faut donc que le fond du trou de la contrepotence ſoit bien quarré, il ſera même à propos de le reboucher, & de faire enſorte que le pivot n'y entre pas trop avant.

XXIV. On verra ſi toutes les roües ſont bien rivées, droites & rondes, particulierement la roüe de rencontre, ſi la roüe de champ n'eſt point trop épaiſſe du côté des dents; ſi tous les pignons ont des tigerons & des portées raiſonnables, s'il y a des gorges pour empêcher l'huile de couler juſqu'aux aîles des pignons, s'il n'y a pas quelque trou qui ſoit ébiſé en dedans, comme font les mauvais Horlogers pour donner de la liberté à leurs roües.

XXV. On jugera par le nombre des tours de la fusée & par celui des dents des roües si la Montre peut aller 30 heures comme elle le doit faire; on examinera successivement tous les engrenages pour voir s'il n'y a point d'arboutement des dents contre les aîles en entrant, si les dents ont assez de liberté entre les aîles étant au milieu, & si en sortant elles ne forment point de soubresauts; un engrenage imparfait peut faire arrêter la Montre ou y causer des précipitations irrégulières ou des lenteurs, effets désagréables à l'oreille quand même ils ne produiroient aucun dérangement réel, mais qui ne peuvent guère manquer d'en affecter le mouvement.

XXVI. Les premiers engrenages sont les plus importans, parce qu'étant conduits par une plus grande force, les frottemens y sont plus rudes & y durent plus long-tems; chaque aîle du premier pignon, par exemple, met 5 minutes à passer, or si pendant cet espace de tems cet engrenage perd quelque chose de sa force, & que les autres engrenages en perdent aussi dans le même instant, la Montre sera sujette à s'arrêter.

XXVII. L'engrenage de la roüe de champ est aussi de la plus grande conséquence, non-seulement parce que le recul y est très-sensible, mais parce qu'il faut que les dents en soient fendues dans l'alignement de la tige de la roüe de rencontre, qu'elles soient bien paralleles au pi-

gnon & qu'elles ſe préſentent de la même maniere que ſi l'axe de la roüe de rencontre paſſoit par le centre au lieu d'être placé de côté.

Il faut cependant remarquer que l'on pourroit facilement rendre plus parfait l'engrenage de la roüe de champ, en plaçant la contrepotence au-devant de l'axe de la roüe de champ comme on le pratique dans les Pendules, alors le centre de la roüe de champ ſeroit dans la direction de l'axe de la roüe de rencontre, & agiroit ſur le pignon à égale diſtance des deux extrémités; par ce moyen le frottement & l'uſure ſeroient les mêmes ſur tous les deux pivots, & les dents de la roüe de champ ne ſe préſenteroient plus de côté aux aîles du pignon.

Au reſte le meilleur remede que l'on pourroit apporter aux défauts de cet engrenage, ſeroit de le ſupprimer totalement, par le moyen du nouvel échapement dont on trouvera la deſcription dans la ſuite de cet ouvrage.

XXVIII. La chaîne ne doit pas être trop longue de peur qu'elle ne ſe replie ſur elle-même & ne diminue d'autant la force du reſſort qui agiroit alors ſur un levier plus court; d'ailleurs l'eſpace qui eſt entre le barillet & la potence ne lui permettroit pas de paſſer.

On examinera ſi la chaîne eſt bonne auſſi bien que ſes crochets, ſi elle ne s'engage point dans les pas de la fuſée, & on la frottera avec de l'huile.

XXIX. On obſervera ſi l'arbre du barillet eſt juſte en hauteur, & s'il occupe un tiers du diamétre du barillet, ſi le deſſus du barillet eſt retenu exactement dans le drageoir, ſi il eſt bien plat & ſans aucuns traits intérieurs de même que le fond du barillet. On nettoiera le reſſort avec un linge huilé, & enſuite on aura ſoin de ne pas le forcer trop en l'ouvrant, de le frotter avec de l'huile bien propre, de voir s'il eſt égal, s'il n'eſt pas trop plein, trop haut ou trop bas, ſi tous les tours ſe font ſans frottemens ni ſecouſſes; on y mettra une barette s'il n'y en a point; on obſervera qu'il faſſe aſſez de tours pour qu'il y en ait un & demi de plus que le nombre de tours que la chaîne fait ſur le barillet, c'eſt-à-dire environ trois quarts au-deſſus & trois quarts au-deſſous du point où il eſt égal à la fuſée, déduction faite du bout de chaîne qui ne ſe plie jamais ſur la fuſée; & lorſqu'on aura trouvé le point d'égalité on fera un repaire ſur l'arbre du barillet & ſur la platine, comme on l'a dit ci-deſſus.

XXX. On examinera ſi le reſſort accroche bien, ſi le deſſus du barillet eſt aſſez ſerré dans le drageoir, & pour plus de ſûreté on paſſera un bruniſſoir ſur les bords pour le ſerrer.

Il eſt ſur-tout eſſentiel de bien égaler le reſſort à la fuſée, c'eſt-à-dire de faire enſorte que le reſſort la tire également, au moins 28 heures; pour cela on employe un levier diviſé en parties

égales, & chargé à ſon extrémité d'un poids qui ne ſoit point trop péſant, mais dont la légéreté ſoit compenſée par la longueur du levier ſuivant les regles de la Statique, qui nous apprennent qu'une livre de poids miſe à trois pouces du centre, fera le même effet que 4 onces miſes à un demi pied du même centre.

XXXI. Avant que de remonter la Montre, ſi elle a déja ſervi, on aura ſoin de détremper avec de l'huile tous les trous, de les eſſuyer, d'y paſſer du bois tel que le fuſain, juſqu'à ce qu'il en ſorte bien net; on doit nétoyer toutes les aîles des pignons avec du bois blanc, les pivots avec du liége, & les roües avec une broſſe bien ſéche & bien nette.

XXXII. On doit mettre d'abord de l'huile au talon de la potence pour le pivot du balancier, au nez de la potence pour la roüe de rencontre, à la contrepotence & au pivot de la roüe de longue tige, parce que ſi on mettoit l'huile dans ſon trou, la partie de la tige qui doit paſſer autravers en emporteroit une partie.

XXXIII. Après avoir remis tout le roüage en place, ſerré les goupilles, & examiné comme nous l'avons dit, ſi toutes les roües ont la liberté néceſſaire, & ſi elles n'ont pas trop de jeu; on mettra de l'huile dans tous les réſervoirs dont il a été parlé, page 38.

XXXIV. La derniere attention que l'on au-

ra, ſera de la mettre bien dans ſon échapement, en tirant plus ou moins le ſpiral.

XXXV. Dans les Montres dont l'échapement eſt à repos, le repaire que l'on a fait une fois au ſpiral, reſte toujours à-peu-près le même; mais avec un échapement à roüe de rencontre, on n'eſt jamais ſûr qu'une Montre qui étoit reglée avant que d'être démontée, le ſera encore après l'avoir remontée; de ſorte qu'on aura toujours beſoin de lâcher le ſpiral, ou d'en retirer ſuivant qu'elle ſe trouvera en avancement ou en retard.

CHAPITRE VIII.

Méthode pour connoître la marche d'une Pendule par le moyen du Soleil & des étoiles fixes.

I. ON appelle en général une heure, la vingt-quatriéme partie du jour, c'eſt-à-dire d'un retour du Soleil au Méridien; mais comme les retours du Soleil au Méridien ne ſe font pas en tems égaux pendant toute l'année, à cauſe des inégalités du mouvement de la Terre; on eſt obligé de diſtinguer les jours moyens ou égaux, & les heures moyennes ou égales, des jours vrais ou apparens, & des heures vraies ou apparentes.

II.

II. Pour avoir des heures moyennes ou égales, les Aſtronomes ſuppoſent par exemple, que le 24 de Décembre un Aſtre dont la marche totale ſoit égale à celle du Soleil, mais cependant toujours uniforme & égale, commence à ſe mouvoir avec le Soleil en partant de ſon apogée, & d'une vîteſſe telle qu'au bout de l'année ils puiſſent ſe retrouver tous les deux au même point; comme c'eſt alors le tems où les retours du Soleil au Méridien ſont les plus lents, l'Aſtre ſuppoſé arrivera le lendemain au Méridien 30 ſecondes plûtôt que le Soleil, & avancera de même tous les jours juſqu'au 15 Avril qu'il ſe trouvera au même point que le Soleil; il reſtera en arriere juſqu'au 15 de Juin qu'il reprendra les devants & précédera de nouveau le Soleil juſqu'au 1er Septembre; enfin depuis le 1er Septembre juſqu'au 24 Décembre l'Aſtre du moyen mouvement retardera ſur le Soleil, ces retards ou ces avancemens forment ce qu'on appelle le tems moyen, & c'eſt celui ſur lequel on doit regler les Pendules, ſi on veut les fixer à demeure & les voir d'accord avec le Soleil * 4 fois l'année ſans y toucher jamais. La différence entre le tems moyen & le tems vrai, marquée par le Soleil ſur les Cadrans Solaires ou ſur les Méridiennes ordinaires, forme l'équation du tems.

* Le 24 Décemb. Le 15 Avr. Le 15 Juin. Le 1er Septembre.

III. Il y a deux cauſes de ces inégalités du Soleil, la premiere vient de ce que la Terre dé-

crit autour du Soleil non point un cercle, mais un ellipſe *excentrique*, c'eſt-à-dire dont le centre n'eſt point dans le Soleil ; or ſon mouvement ſe ralentit, lorſqu'elle s'éloigne du Soleil, & il devient plus rapide lorſqu'elle s'en raproche ; par exemple, vers le milieu de Décembre la Terre étant le plus près du Soleil qu'elle puiſſe être ou environ, elle fait un degré, une minute, 7 ſecondes par jour, au lieu que le premier Juillet étant dans ſon plus grand éloignement, elle ne décrit que 57 minutes, 12 ſecondes en 24 heures, & le premier Octobre, 59 minutes, 8 ſecondes ; or dans le tems où le Soleil paroît décrire 61 minutes en allant d'Occident vers l'Orient, il arrivera au Méridien 8 ſecondes plus tard que le premier Octobre, parce qu'alors il ſera reculé de 2 minutes vers l'Occident dans l'eſpace de 24 heures plus qu'il ne l'étoit au mois de Décembre, & que ces 2 minutes ne paſſent qu'en 8 ſecondes de tems, ainſi les jours vrais, c'eſt-à-dire les retours du Soleil d'un Méridien à l'autre, ſeront plus longs de 8 ſecondes en Décembre qu'en Octobre par l'effet de cette ſeule cauſe.

IV. La ſeconde cauſe de l'inégalité des jours, vient de ce que le mouvement diurne ſe fait ſuivant la direction de l'équateur, c'eſt-à-dire autour des poles du Monde, tandis que le mouvement apparent propre du Soleil qui ſe fait en ſens

contraire, ſuit le plan de l'écliptique qui eſt incliné à celui de l'équateur de 23 degrés & demi ; de-là vient que dans le mois de Décembre quoique le mouvement du Soleil paroiſſe être de 61 minutes ſur le plan de l'écliptique, il paroît de 66 minutes & demi, rapporté à l'équateur ; de même au mois d'Octobre il paroît de 59 minutes ſur l'écliptique, & de 54 & demi ſur l'équateur ; la différence eſt de 4 minutes & demi, au lieu de 5 minutes & demi qu'elle étoit en hiver, & cela en ſens contraire ; voilà donc encore 10 minutes de degré dont le Soleil s'avancera vers l'Orient chaque jour en hiver de plus qu'au mois d'Octobre ; comme 10 minutes paſſent en 40 ſecondes de tems, il faut ajoûter ces 40 ſecondes aux 8 que nous venons de trouver, ce qui fait 48, quelquefois même 50 ſecondes, dont les jours vrais ſeront plus longs vers le milieu de Décembre qu'au commencement d'Octobre.

V. Cette différence étant accumulée tous les jours, forme l'équation du tems ou la différence entre le tems de l'arrivée du Soleil au Méridien, & le tems où il y ſeroit arrivé ſi ſon mouvement eût été toujours égal par rapport à l'équateur ; on doit donc concevoir que toute la durée de l'année eſt compoſée de 8766 heures égales, au lieu que celles que nous donne la marche journaliere du Soleil & les Cadrans Solaires, ſont fort éloignées de cette égalité.

Or, comme on ne peut faire ſuivre à une Pendule ordinaire le tems vrai, & que c'eſt néanmoins celui dont on ſe ſert dans l'uſage de la vie civile ; il eſt néceſſaire d'avoir une table qui faſſe voir chaque jour, combien le tems moyen marqué à la Pendule, eſt différent du tems ſolaire vrai. On la trouvera à la fin de ce livre pour 4 années différentes, ce qui ſuffira dans toutes les autres.

VI. La méthode la plus ſimple de regler une Pendule ſur le moyen mouvement, eſt de ſe ſervir de quelque étoile de la maniere ſuivante.

La Terre faiſant chaque jour une révolution ſur ſon axe dans une eſpace de tems toujours égal, les étoiles reparoiſſent au Méridien tous les jours après un même intervale de tems, parce que le mouvement propre de la Terre n'eſt pas ſenſible par rapport aux étoiles, à cauſe de leur prodigieux éloignement ; mais je ſuppoſe que le Soleil ait paſſé une fois dans le Méridien avec une étoile ; le lendemain comme le Soleil à midi par le mouvement annuel de la Terre, paroîtra d'un degré environ plus oriental que l'étoile : il ne viendra au Méridien qu'environ 4 minutes après l'étoile, le jour ſuivant 4 minutes encore plus tard, & tous les jours autant, de maniere qu'au bout d'un mois l'étoile paſſera au Méridien deux heures avant le Soleil.

VII. On comprend bien que, puiſque le mouvement de la Terre eſt inégal, comme nous

l'avons dit, cette accélération des étoiles ne ſera pas exactement de 4 minutes, mais d'un peu plus ou d'un peu moins.

Il faut donc encore avoir recours à notre Aſtre du moyen mouvement, pour ſavoir de combien eſt l'accélération moyenne des étoiles; or on trouve que cette accélération eſt de 3 minutes, 56 ſecondes, c'eſt-à-dire que le plus étant compenſé par le moins, dans les différens tems de l'année, le Soleil ſuit l'étoile chaque jour de 3 minutes, 56 ſecondes; on ſera donc aſſûré qu'une Pendule ſuit exactement le moyen mouvement du Soleil, ſi en obſervant tous les jours le paſſage d'une étoile par le Méridien, on trouve que la Pendule marque chaque fois 3 minutes, 56 ſecondes de moins que la veille.

VIII. Comme les étoiles n'ont aucun autre mouvement apparent qui ſoit ſenſible, il importe peu qu'on les obſerve dans le Méridien ou ailleurs: on peut donc fixer une lunette contre un mur quelconque, de maniere que quelque belle étoile vienne tous les jours la traverſer; ſi au moment que l'étoile entre dans la lunette ou qu'elle en ſort, la Pendule marque 3 minutes, 56 ſecondes de moins qu'elle ne marquoit la veille, au moment du paſſage à ce même fil qui a demeuré fixe, on eſt aſſûré que la Pendule eſt reglée quant à la longueur du balancier; ſi elle marquoit 3 minutes, 58 ſecondes de moins que

la veille, ce ſeroit marque qu'elle auroit rétardé de 2 ſecondes puiſqu'elle donneroit trop peu, ſi elle ne donnoit que 3 minutes, 54 ſecondes de moins, ce ſeroit une preuve qu'elle auroit avancé puiſqu'elle marqueroit 2 ſecondes de plus qu'elle ne devroit marquer.

IX. Au lieu d'une lunette fixée contre un mur, on peut encore ſe contenter d'une plaque percée d'une petite ouverture, ou même ſeulement d'un morceau de papier colé contre une vitre & percé auſſi d'un petit trou au travers duquel on verra une étoile ſe cacher derriere un clocher, une cheminée ou un toit qui ſoit fort éloigné, pendant qu'une autre perſonne comptera les minutes & les ſecondes à une Pendule: on verra de même ſi le lendemain l'étoile ſe cache exactement lorſque la Pendule marque 3 minutes, 56 ſecondes moins que la veille, & ce ſera une marque que la Pendule ſuit le moyen mouvement; il n'y aura donc plus qu'à la mettre une fois à l'heure, & l'on ſera ſûr qu'elle ne s'en écartera plus qu'autant que l'exigeront les inégalités du Soleil, & ſuivant la table de l'équation, & qu'elle ſe retrouvera d'accord avec le Soleil 4 fois l'année, les jours où l'équation du tems eſt marqué zéro dans la Table.

X. La même étoile ne peut pas ſervir bien long-tems pour cette opération, parce qu'avançant de 2 heures chaque mois, celle qu'on aura

obſervé ſur le ſoir, paſſera bien tôt de jour, & par conſéquent ne ſera plus viſible ſans une bonne lunette.

XI. On prendra ſoin de ne pas confondre une planette avec une étoile, parce que les planettes ayant des mouvemens particuliers, elles n'accélérent pas conſtamment ſur le Soleil, ni de la même quantité que les étoiles; Venus, Mars, Jupiter & Saturne peuvent être pris quelque fois pour des étoiles, avec cette différence cependant que ces planettes paroiſſent preſque toujours plus brillantes que les étoiles, & cependant n'ont point cette vivacité & cet éclat étincellant des étoiles fixes, mais une lumiere morte & tranquile; d'ailleurs on pourra prendre la peine d'obſerver pluſieurs jours de ſuite un Aſtre que l'on ſoupçonne n'être point une étoile; ſi on voit qu'elle accélere tous les jours également, & de 3 minutes, 56 ſecondes environ, c'eſt véritablement une étoile.

XII. On a vû que le tems vrai marqué par les révolutions diurnes du Soleil, étoit trop inégal pour pouvoir être marqué ſur une Pendule ordinaire dont toute la perfection conſiſte dans une parfaite égalité; on eſt donc obligé de remettre de tems en tems les éguilles d'une Pendule ſur le tems vrai, à moins qu'on ne veuille chaque jour recourir à la Table d'équation; mais quoi qu'on mette une Pendule à l'heure, on n'eſt point obli-

gé d'en changer le mouvement, c'eſt-à-dire la longueur du balancier.

XIII. Si on ſe ſert du Soleil obſervé à une Méridienne ou à un Cadran Solaire pour regler la Pendule ſur le moyen mouvement, il faudra voir dans la Table du tems moyen au midi vrai, de combien le Soleil avance ſur le tems moyen, faire enſorte que la Pendule retarde d'autant, & qu'elle marque ce qui eſt dans la Table.

Si la Pendule entre un midi & l'autre, a marqué plus de tems qu'il n'y en a entre les deux tems moyens qui ſe trouvent dans la Table, c'eſt une preuve qu'elle a avancé; ſi elle a marqué moins, c'eſt une preuve de retard.

XIV. Beaucoup de perſonnes ſe ſervent d'une Table d'équation que l'on trouve dans la connoiſſance des tems ſous le nom d'équation de l'Horloge; elle revient au même que la Table du tems moyen au midi vrai, avec cette ſeule différence qu'on trouve l'équation plus grande dans tous les tems de 16 minutes, 9 ſecondes dans la premiere que dans l'autre; ainſi quand on voudra avoir l'équation de l'Horloge, il ne faudra qu'ajoûter 16 minutes, 9 ſecondes au tems moyen que l'on trouve dans notre Table, & en retrancher 12 heures, ſi la ſomme eſt plus grande que 12 heures, on aura le nombre de minutes marqué dans la Table de l'équation de l'Horloge: la commodité de cette Table conſiſte en ce que la Pendule

Pendule à laquelle on fera marquer le nombre de minutes que marque cette Table, avancera tous les jours sur le Soleil, & ne sera point tantôt en retard & tantôt en avant sur le Soleil; elle ne sera d'accord avec le Soleil qu'au commencement de Novembre, le tems moyen étant 11 heures 43 minutes 51 secondes, c'est-à-dire de 16 minutes 9 secondes en retard, ce qui est le plus dont il puisse retarder; si on avance les éguilles de 16 minutes 9 secondes, & qu'on les mette d'accord avec le Soleil, elles ne retarderont plus, mais elles avanceront toute l'année de 16 minutes 9 secondes plus qu'elles n'auroient avancé; de maniere que le 10 Février l'équation qui n'auroit été que de 14 minutes 44 secondes, sera de 30 minutes 53 secondes, c'est-à-dire 16 minutes 9 secondes plus grande.

XV. Il y a ordinairement au bas de la lentille d'une Pendule à secondes un écrou ou espece de rosette mobile que l'on doit tourner en-dedans pour abaisser la lentille lorsqu'on veut faire retarder la Pendule, & en-dehors pour la faire avancer: on trouvera à la fin de ce Livre une Table de ce dont il faut accourcir le pendule pour faire avancer l'Horloge autant qu'on le juge à propos; elle est fondée sur ce que les longueurs des Pendules sont comme les quarrés des tems que chacun employe à faire ces vibrations; il est beaucoup plus commode de placer cet écrou au-dessus de la

ſuſpenſion, comme nous le dirons en traitant cette matiere ; par exemple, le premier jour de Janvier on a mis une Pendule ſur le tems vrai, c'eſt-à-dire ſur le Soleil ; le 10 Janvier ſuivant, on trouve qu'à midi la Pendule marque 4 minutes 59 ſecondes ; on voit auſſi dans la table d'équation que le tems moyen a avancé de 3 minutes 59 ſecondes, puiſque de 4 minutes 6 ſecondes à 8 minutes 5 ſecondes, il y a 3 minutes 59 ſecondes ; on en conclura que la Pendule marquant 4 minutes 59 ſecondes, elle a avancé d'une minute en 10 jours, ou de 6 ſecondes par jour.

XVI. Si c'eſt une étoile que l'on ait obſervé le premier jour de Janvier, & le 10 il faudra avoir recours à la table de l'accélération des fixes, qui eſt à la fin de ce Livre, dans laquelle on verra qu'en 10 jours la Pendule doit marquer 39 minutes 19 ſecondes de moins ; ſi donc la Pendule ne marque que 38 minutes 19 ſecondes de moins, c'eſt une marque qu'elle a avancé d'une minute en 10 jours, il faudra donc alonger la Pendule.

XVII. On a dit qu'il étoit néceſſaire pour les uſages de la vie civile, de remettre de tems en tems une Pendule avec le Soleil, lors même qu'elle eſt exactement reglée, parce qu'elle s'en écartera néceſſairement dans certain tems d'un quart-d'heure dans l'eſpace d'un mois, mais ce

changement ſe peut faire, même ſans voir le Soleil; car je ſuppoſe que le premier jour de Janvier on ait mis une Pendule d'accord avec le Soleil, & que par le moyen d'une étoile obſervée le premier jour de Janvier, & le 10, on voie que la Pendule ait ſuivi le tems moyen; comme la table du tems moyen au midi vrai, fait voir que le Soleil retarde du premier au 10 de 3 minutes 59 ſecondes, on pourra reculer l'éguille de 3 minutes 59 ſecondes, & l'on ſera ſûr par-là qu'elle eſt d'accord avec le tems vrai, puiſqu'on l'aura retardé de la quantité dont le tems moyen avoit avancé.

XVIII. Toutes les opérations dont nous avons parlé ſe peuvent faire auſſi ſur une bonne Montre de poche pour la regler; mais le plus commode & le plus ſimple, eſt de regler une Montre ſur quelque bonne Pendule à laquelle on la rapportera au moins une fois la ſemaine, ou enfin par un Cadran Solaire ou une Méridienne ſur laquelle on la mettra toutes les fois qu'on aura occaſion d'y obſerver le Soleil.

XIX. Nous dirons encore un mot ici de la maniere de regler les Pendules ſur la révolution de la Terre ou des fixes, quoique cette méthode n'ait guères été d'uſage juſqu'apréſent que dans l'Aſtronomie. Je ſuppoſe que l'on veuille obſerver tous les jours le paſſage d'une étoile ainſi que nous l'avons indiqué plus haut, par un

point quelconque du Ciel, & faire enſorte que la Pendule marque tous les jours préciſément la même heure & la même minute à l'heure de ce paſſage ; alors la Pendule avancera tous les jours ſur le Soleil de 3 minutes 56 ſecondes, plus ou moins ſelon l'équation du tems ; par exemple, le premier de Janvier l'étoile a paſſé à 5 heures 12 minutes de tems vrai, le 10 elle paſſera à 4 heures 32 minutes, mais ſi la Pendule eſt reglée exactement ſur la révolution des fixes, elle marquera encore 5 heures 12 minutes, c'eſt-à-dire qu'elle aùra avancé de 40 minutes, quantité dont le Soleil retarde ſur les étoiles fixes dans ce tems-là, on en trouve une table dans la connoiſſance des tems, mais on peut la trouver par la Table *du tems moyen au tems vrai.*

XX. On verra dans la ſuite de cet ouvrage que l'on peut par le moyen d'une eſpece de courbe ovale irréguliere qui a une partie de ſa circonférence concave, & une partie convexe, faire marquer à une éguille le tems vrai malgré toutes ſes inégalités, & c'eſt ce qu'on appelle ordinairement la courbe d'équation.

Mais ſans recourir à ces ſortes d'ouvrages qui juſqu'à préſent ont été aſſez compliqués & peu ſuſceptibles de préciſion, on peut ſe contenter de mettre autour du cadran d'une Pendule un autre cadran que l'on puiſſe faire tourner à la main, & qui ſoit diviſé en 60 minutes, de la

même maniere que l'autre ; on fait ſur ce cadran quelques diviſions pour les mois de l'année qui répondent à un index, de façon que plaçant le jour du mois, dans lequel on ſe trouve, ſur l'index ; les nombres qui indiquent les minutes ſur ce cadran mobile, ſe trouvent écartés de ceux du cadran fixe de la quantité de l'équation, & la même éguille qui marque les minutes du tems moyen ſur le cadran fixe, marque les minutes du tems vrai ſur le cadran mobile ; on peut voir ſur les cadrans mobiles ce qu'a dit M. Dufay dans les Mémoires de l'Académie, 1725. L'on met encore quelquefois une autre eſpece de cercle mobile autour des cadrans, on ſe contente d'y marquer les jours des mois, & à côté de chaque jour, la quantité dont le Soleil avance ou retarde ſur le tems moyen, on fait mouvoir ce cadran par le moyen d'une roüe de la ſonnerie ou du remontoir lorſqu'il y en a, (pour ne point altérer le mouvement,) enſorte que le jour du mois réponde toujours à un index ſur lequel on peut jetter les yeux pour voir tous les jours l'équation du tems & le quantiéme du mois.

Fin de la Premiere Partie.

TRAITÉ

D'HORLOGERIE.

SECONDE PARTIE.

TRAITÉ D'HORLOGERIE.

SECONDE PARTIE.

QUI comprend la deſcription de pluſieurs Pendules à ſonnerie, à répétition, à une roüe, à équation; l'horloge horiſontale, les remontoirs, le réveil, &c. L'hiſtoire critique des meilleurs échapemens connus juſqu'aujourd'hui, une explication détaillée des avantages & de la conſtruction de mon nouvel échapement; un traité des engrenages & du mouvement d'oſcillation, des tables d'équation, une table des longueurs du pendule comparées avec la durée des oſcillations, &c.

CHAPITRE PREMIER.

Deſcription d'une Pendule à reſſort, ſonnant l'heure & la demie.

§. PREMIER.

LES Pendules à reſſort, ſonnant les heures & les demies, ſont les plus communes dans l'uſage ordinaire, elles ſe remontent tous les 15 jours.

Plan. III. Fig. 3. Le barillet B, (*Planche III. Fig.* 3.) contient un reſſort qui fait ordinairement ſix à ſept tours, quoiqu'on n'en employe que cinq environ pour faire aller la Pendule pendant 15 jours; le barillet a ordinairement 84 dents, & engrenne dans un pignon de 12, porté ſur la premiere roüe L, de 80; celle-ci engrenne dans un pignon de 8, placé ſur la roüe de longue tige ou grande roüe moyenne G, laquelle fait ſon tour en une heure; la roüe de longue tige G de 72, engrenne dans un pignon de 6, placé ſur la petite roüe moyenne P, qui fait ſon tour en 5 minutes; enfin la petite roüe moyenne P, de 60 dents, engrenne dans un pignon de 6 qui porte la roüe d'échapement E, celle-ci fait ſon tour en une demie minute, & porte 30 dents, ce qui produit des vibrations d'une demi-ſeconde chacune. Nous ne dirons rien ici de l'échapement, on en parlera dans la ſuite.

Si l'on vouloit y appliquer un pendule fort court, il faudroit changer les nombres; quelquefois même on y ajoûte une roüe, de ſorte qu'il y en a alors 3 après la roüe de longue tige.

II. La roüe de longue tige porte ſur ſon axe au-dehors de la cage & ſous le cadran, (*Fig.* 1.) une autre roüe avec ſon canon qui y eſt chauſſé à frottement dur, & l'éguille des minutes tient quarrément au bout de ce canon; la roüe C, engrenne dans une roüe de renvoy R, de même

Fig. 1.

nombre qui eſt portée par un coq Q, & qui fait auſſi ſon tour en une heure ; cette roüe porte un pignon de 6, qui conduit la roüe de cadran de 72, en 12 heures ; cette roüe eſt montée ſur un canon qui paſſe ſur celui des minutes, & l'éguille des heures eſt à frottement ſur la roüe de cadran ; mais pour ne pas charger la roüe des minutes du poids de la roüe de cadran, on fixe avec deux vis un pont O, P, ſur la platine qui porte un canon fixe au-dedans duquel paſſe celui des minutes, & ſur lequel tourne celui de la roüe de cadran.

III. La ſonnerie (*Fig.* 2. *&* 3.), a auſſi un barillet *b*, & un reſſort, ſemblables à ceux du mouvement ; le barillet de 84 dents engrenne dans le pignon de 12 de la premiere roüe C, qui a 72 dents ; celle-ci porte ſur ſon axe la *roüe de compte* ou *chaperon* qui eſt derriere la platine, & qui a 12 entailles ; la roüe C engrenne dans le pignon de 8 *de la roüe de cheville* D, de 60 ; c'eſt elle qui porte 10 chevilles deſtinées à lever le marteau ; celle-ci engrenne dans le pignon de la roüe d'*étoteau* E, qui fait un tour à chaque coup de marteau, & qui porte une cheville pour arrêter la ſonnerie ; la roüe d'étoteau a 64 dents, elle engrenne dans la *roüe volante* ou roüe *de délai* E de 48, & celle-ci dans le pignon de 6 du volant. Fig. 2. 3.

IV. La ſeconde roüe C de la ſonnerie, fait ſon tour en 12 heures, mais inégalement, par-

ce qu'au moment que midi ſonne, elle a 12 fois plus de chemin à faire qu'à une heure; comme il y a 90 coups de marteau dans 12 heures en comptant les demies, & qu'on ne met que 10 chevilles ſur la roüe de cheville afin de leur conſerver une diſtance raiſonnable, il faut que cette roüe faſſe 9 tours en 12 heures; ainſi que les nombres précédents le donnent; il faut auſſi que la roüe ſuivante E ait un nombre rentrant, & faſſe un tour pour chaque cheville; hors de-là les nombres ſont indifférens, & peuvent être variés de différentes façons.

V. La ſonnerie eſt retenue au moyen de la cheville E, (*Fig.* 2. *&* 3.) qui eſt ſur la roüe d'étoteau, & qui appuye ſur le crochet E de la détente E X Y Z, (*Fig.* 3.) juſqu'à ce qu'elle doive ſonner.

Fig. 2. 3.

Fig. 3.

La roüe des minutes de cadrature C, (*Fig.* 1.) porte deux chevilles qui à chaque demie-heure levent le détentillon T H, celui-ci leve le bras de la détente Z; alors la cheville eſt dégagée, la roüe d'étoteau commence à tourner, le chaperon avance tant ſoit peu; mais la cheville V de la roüe de délai, (*Fig.* 3.) rencontre auſſitôt le crochet H, (*Fig.* 1.) du détentillon qui ſuſpend le mouvement juſqu'à ce que le détentillon T, ait échappé de la cheville de la roüe des minutes, C; alors la ſonnerie va juſqu'à ce que la détente rencontre en R, (*Fig.* 2.)

Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

une entaille du chaperon dans laquelle elle s'enfonce de maniere que le crochet E, deſcend pour recevoir & arrêter de nouveau la cheville E, de la roüe d'étoteau.

VI. On voit auſſi (*Fig.* 1.) la roüe des chevilles D, qui écarte pour chaque coup la palette ou *levée* Q, de la verge du marteau tournant. Fig. 1.

VII. Le chaperon (*Fig.* 3.) ſe diviſe dans la conſtruction en 90 parties, dont 24 ſont évuidées, pour former les entailles; après que midi a ſonné, la détente tombe dans la premiere entaille qui eſt double des autres, & qui occupe 4 parties, parce que midi & demie, une heure, & une heure & demie, doivent encore ſonner ſans que la détente ſorte de cette entaille; pendant que deux heures ſonnent, le chaperon avancera de la quantité *b a*, (*Fig.* 3.) qui eſt de deux parties, & tombera dans la ſeconde entaille, & ainſi de ſuite; les longueurs des intervales pleins, décident du nombre des coups de marteau par le tems qu'ils employent à paſſer. Fig. 3. Fig. 3.

VIII. La piece S que l'on voit (*Fig.* 3.), eſt une roüe dans laquelle il n'y a que 5 entailles, & qui ſert à limiter les tours du reſſort de la maniere ſuivante: quand on a choiſi le milieu d'un reſſort & les 6 tours les plus avantageux pour les employer dans le mouvement; on place une palette A, ſur l'axe du barillet, & une roüe V S, qui l'empêche de deſcendre & de ſe dévuider Fig. 3.

davantage, enſorte que toutes les fois que le barillet aura fait les 6 tours, la palette A, ſera retenue par la roüe V ; de même quand on remontera le barillet, la palette tournant 6 fois, fera paſſer les 5 dents de la roüe V, mais à la 6e, elle ſera retenue par la roüe en T, & empêchera qu'on ne puiſſe remonter davantage le barillet.

CHAPITRE II.

Deſcription d'une Pendule à répétition.

I. LE nom ſeul de Pendule à répétition que quelques perſonnes appellent avec aſſez de fondement Pendules à réponſe, indique qu'il s'agit ici de l'aſſemblage des pieces néceſſaires pour faire ſonner l'heure qu'il eſt, toutes les fois que l'on en a beſoin, en tirant ſimplement le cordon qui ſert à bander un reſſort, & à mettre ces pieces en mouvement, c'eſt ce qu'on appelle cadrature de répétition ou *tirage*.

II. On place communément aujourd'hui la cadrature derriere la Pendule, depuis que M. le Roi imagina en 1728. cette diſpoſition qui a pluſieurs avantages ; d'un côté il en devient plus facile de raccommoder l'ouvrage, & d'en voir les effets, d'un autre côté les pieces y peuvent être plus grandes & plus ſolides, par ce que l'on n'y

eſt point gêné par les roües de cadran, les faux piliers, l'arbre du remontoir & ſon rochet; les Horlogers Anglois qui ont fait les premieres Montres à répétition, prenoient beaucoup de peine à y mettre des ſecrets pour empêcher qu'elles ne pûſſent être ouvertes & copiées, on a même ſouvent été obligé de couper le cadran ou la fauſſe plaque pour pouvoir les ouvrir & les raccommoder; M. le Roy bien éloigné d'une jalouſie ſi peu digne d'un véritable Citoyen, n'a cherché qu'à mettre tous les Horlogers à portée de voir ſes ouvrages, de ſe ſervir de ſes lumieres, & d'y ajoûter les leurs.

III. Le limaçon *F*, eſt fixé ſur l'axe d'une roüe de cadrature qui fait ſon tour en une heure; à chaque tour que fait le limaçon il entraîne par le moyen d'une cheville placée ſous le limaçon vers le point *f*, un des 12 rayons de l'étoile G, de maniere que l'étoile fait ſon tour en 12 heures; elle eſt aſſujettie dans chacune de ſes ſituations, par le moyen d'un ſautoir H, capable de la contenir en faiſant reſſort, mais qui céde à l'effort du limaçon pour le paſſage de chaque dent. Plan. IV.

IV. Sur la même étoile G, eſt fixé un autre limaçon B K, qui a 12 degrés ou 12 entailles qui vont en ſe rapprochant du centre, de façon que la premiere B, eſt beaucoup plus éloignée du milieu ou du centre de l'étoile que la cin-

quiéme K, ou que les autres qui ſont cachées dans la figure par l'étoile.

Les différens dégrés de ce limaçon ſervent à recevoir & à arrêter le bras N, du rateau R A, de maniere qu'il deſcende fort-près du centre à midi, & qu'au contraire à une heure il s'arrête ſur le plus haut degré du limaçon afin qu'il n'y ait que les premieres dents O, du rateau qui puiſſent paſſer.

V. Voyons maintenant ce qui arrive lorſqu'on tire le cordon L de la répétition, le pignon qui eſt ſous le chaperon M, & la piece E, ſont fixées ſur le même arbre que la poulie ſur laquelle paſſe le cordon que l'on tire, auſſi-bien que la roüe qui porte les chevilles deſtinées à lever les marteaux, & le reſſort de la répétition; ainſi le cordon que l'on tire bande le reſſort, fait rétrograder la roüe des chevilles & le pignon M, & par conſéquent fait deſcendre le rateau juſqu'à ce que le talon N du rateau rencontre le limaçon des heures.

Auſſi-tôt que la réſiſtance que rencontre le rateau ſur le limaçon, a fait lâcher le cordon, la force du reſſort qui ſe développe fait retourner la roüe des chevilles, qui rencontre le marteau des heures, & le leve autant de fois qu'il y a de chevilles à paſſer; le rateau remonte en même tems, & la piece E revenant vers D, accroche le doigt des quarts D, qui l'oblige de s'arrêter.

VII.

VII. On comprend bien que le nombre de coups que donnera la répétition, dépend du nombre de chevilles qui paſſera dans le retour de la roüe des chevilles, & le nombre des chevilles qui paſſeront, ſera le même nombre que l'on aura fait revenir en tirant le cordon, il ſera plus grand, à meſure que le rateau aura eu la liberté de deſcendre plus proche du centre G de l'étoile; ſi par exemple, le talon du rateau peut deſcendre juſques dans la plus profonde des entailles, on aura avancé la roüe de 12 chevilles en tirant le cordon, & par conſéquent en retournant par la force du reſſort, les 12 chevilles rencontreront chacune la baſcule du marteau, & la Pendule répétera midi; mais ſi le rateau ne peut deſcendre que juſqu'à la partie la plus élevée du limaçon, la roüe des chevilles ne pourra retourner que d'une petite quantité, c'eſt-à-dire d'une ſeule cheville; cette ſeule cheville reviendra, & la Pendule ne répétera qu'une heure, par ce qu'en effet le rayon de l'étoile & la partie la plus élevée du limaçon ſe trouvent placés à une heure par le mouvement qu'ils reçoivent du petit limaçon, de maniere que le talon du rateau à une heure, tombe préciſément ſur la partie la plus élevée du limaçon.

VIII. Pour comprendre l'uſage de la piece des quarts P Q S D; on obſervera que le limaçon des quarts *f* F L O, tourne en une heure de

tems, de maniere que quand l'heure ſonne, c'eſt la partie *f*, la plus élevée & la plus éloignée de ſon centre qui eſt tournée vers le talon P de la piece des quarts P Q, qui appuye toujours en P, à cauſe du poids de la partie oppoſée C; un quart-d'heure après, c'eſt la partie F, un peu moins élevée qui répondra au talon P de la piece des quarts; lorſqu'il ſera la demie, ce ſera la partie L, encore plus baſſe que la précédente, & enfin aux trois quarts, ce ſera la partie O la plus profonde, comme on le voit dans la figure, ſur laquelle le guide des quarts portera.

IX. Lorſque le guide des quarts entrera plus avant & plus proche du centre du limaçon; le doigt D qui eſt fixé ſur la piece P Q C, ſera plus éloignée du chaperon E des quarts; ſi au contraire il appuye ſur la partie la plus élevée *f*, du limaçon, le doigt ſera fort-proche du centre M, & la premiere cheville E, l'acrochera dans le retour du chaperon, de maniere qu'il appuyera auſſi-tôt contre le bout de l'axe M, empêchera le chaperon de retourner plus avant, & par conſéquent la roüe des chevilles qui tourne avec le chaperon; or la roüe des chevilles outre les 12 chevilles dont nous avons parlé, deſtinées à lever les baſcules pour faire ſonner les heures, en a encore 3 autres diſpoſées de façon que la premiere des 3 ne pourra parvenir juſqu'à la baſcule, ſi le chaperon vient à être retenu par la

premiere cheville E, mais elle y parviendra & levera la baſcule ſi le chaperon des quarts n'eſt retenu que par ſa ſeconde cheville *e*, parce qu'alors le chaperon aura la liberté d'avancer un peu plus que lorſque le doigt étoit pris dans la premiere cheville; de même ſi le doigt n'eſt accroché que par la troiſiéme cheville du chaperon 3 il y aura 2 des 3 chevilles de la roüe qui agiront; enfin s'il n'eſt accroché que par la quatriéme cheville 4, ce qui arrivera lorſque le guide des quarts repoſera ſur la partie O la plus baſſe du limaçon, le chaperon & la roüe des chevilles faiſant plus de chemin dans leur retour, les 3 chevilles dont nous parlons, pourront agir ſucceſſivement, & on entendra 3 quarts.

X. Pour empêcher qu'on ne confonde les 3 quarts avec les heures, on obſerve 1°. De mettre un intervale entre les 3 chevilles qui doivent faire ſonner les quarts & les 12 chevilles qui appartiennent aux heures. 2°. On leur fait ſonner les coups doubles, c'eſt-à-dire que ces 3 chevilles qui paſſent des deux côtés de la roüe, levent tout à la fois deux baſcules, une de chaque côté, au lieu que les chevilles des heures étant toutes d'un même côté, elles n'en font lever qu'une; on a encore ſoin de faire une de ces deux baſcules un peu plus courte que l'autre, afin que le bruit des marteaux ne ſoit point ſimultané, & qu'on les entende tous les deux, ce qui diſtingue les quarts.

XI. Le doigt des quarts D, eſt contenu ſur la piece P Q C, par un reſſort C S, qui l'empêche de s'éloigner du point M, mais qui lui permet de s'en rapprocher, lorſqu'étant engagé entre les chevilles E, il empêcheroit le chaperon E de ſe dégager, lorſqu'on tire le cordon L.

XII. Il reſte à dire un mot d'une piece qui ſert non à multiplier les effets, mais à les rendre avec plus de préciſion, & à empêcher les momens *critiques*, c'eſt la *ſurpriſe*.

Le limaçon des quarts eſt couvert par une piece de même forme que lui, du moins vers ſa partie *f*, cette piece qui eſt la ſurpriſe, a un petit mouvement ſur le limaçon, & la cheville *f* qu'elle porte, paſſant dans un trou long du limaçon, lui laiſſe aſſez de jeu pour que dans le moment où la partie de cette cheville qui eſt ſous le limaçon, a fait avancer le rayon 10 de l'étoile, le rayon ſuivant 11, frappe contre la partie inférieure de cette cheville *f*, & faſſe avancer la ſurpriſe afin que la partie la plus haute du limaçon reçoive le guide des quarts P; ſans cela, il arriveroit que même après le paſſage du rayon de l'étoile qui fait 10 heures, le guide des quarts pourroit rentrer dans la partie la plus baſſe O du limaçon, ce qui feroit encore ſonner les 3 quarts qui répondoient à l'entaille précédente.

XIII. Il étoit inutile d'avertir que la roüe des chevilles qui porte le chaperon des quarts, &

qui retourne par la force du reſſort de la répétition, eſt modérée par un rouage compoſé de 3 roües & un volant, mais qui ne ſervent qu'à ralentir plus ou moins ſon mouvement, & à mettre un intervalle ſuffiſant entre les coups de marteau; ce volant eſt néceſſaire dans tous les roüages où il n'y a point d'échapement, on en voit la figure dans la Pendule à reſſort dont les roüages de ſonnerie produiſent le même effet que celui dont nous parlons ici.

On a propoſé depuis peu de ſubſtituer à ce roüage de répétition, un balancier avec un échapement, pour modérer la vîteſſe, ſurtout dans les Montres où on a peu d'eſpace, mais cette méthode eſt plus difficile dans l'exécution que celle du roüage ordinaire.

CHAPITRE III.

Cadrature de répétition avec la Piece appellée Tout-ou-rien.

I. LE tout-ou-rien eſt une piece CK, ſur laquelle l'étoile D, & le limaçon B des heures ſont portés; cette piece eſt fixée au point C, & le trou K, dans lequel entre une broche deſtinée à la contenir en K, étant ovale lui laiſſe un petit mouvement; elle eſt contenue par un Plan. V.

reſſort S, qui la preſſe continuellement vers H.

II. Cette piece a vers ſon extrêmité un crochet L, qui retient le guide des quarts L G C M, & par ſon moyen la baſcule M du marteau ſe trouve relevée, de maniere que ſi on tiroit le rateau A d'une petite quantité, le rochet F, qui tient ici lieu de la roüe à chevilles dont nous avons parlé dans le Chapitre précédent, ne toucheroit point les levées, & la Pendule ne ſonneroit point; au contraire dans les Pendules où manque cette piece, comme dans le tirage ſimple du Chapitre précédent, ſi l'on ne tiroit le rateau que de deux ou trois dents, & qu'on lachât enſuite le cordon, la Pendule ſonneroit deux ou trois coups au lieu de ce qu'elle auroit ſonné ſi l'on eut tiré le rateau juſqu'au bout, c'eſt-à-dire, de maniere à faire deſcendre le talon N juſques ſur le limaçon.

III. Mais ſi l'on tire le rateau A A, de maniere que ſon talon N vienne appuyer ſur une des entailles du limaçon B D des heures, alors la piece C K ſe trouvant repouſſée en arriere, le guide des quarts L ſera dégagé, & par la force du reſſort O, la piece des quarts G C M, ſera renverſée juſqu'à ce que ſon talon P, vienne appuyer ſur le limaçon des quarts H.

IV. La piece des quarts étant renverſée, la levée qui étoit retenue par le bras ou l'extrêmité M de la piece des quarts, deſcendra & ſe préſen-

tera aux dents du rochet F, qui en revenant par la force du reſſort de la répétition, leveront cette baſcule autant de fois qu'il y aura de dents du rochet qui auront paſſé au-delà de la baſcule en tirant le rateau ; ce nombre eſt reglé par les degrés du limaçon B, ſur leſquels le talon N eſt obligé de s'arrêter aux différentes heures, & ſuivant la ſituation de l'étoile D qui tourne en 12 heures.

V. Le rochet en revenant dans ſa ſituation, & tournant de F en G, rencontrera par le moyen d'un petit bras K, une cheville fixée ſur la piece des quarts ; celle-ci par conſéquent ſera ramenée, alors les 3 dents S, ſuppoſé qu'il y ait 3 quarts, leveront la baſcule T, & les 3 dents Q, leveront la baſcule M, ce qui formera les coups doubles.

VI. Mais ſi le talon P de la piece des quarts ſe trouve ſur la partie O la plus élevée du limaçon, comme il arrive à chaque heure avant qu'il y ait un quart, les dents S, Q, n'ayant pas pû en ſe renverſant, reculer juſques vers les baſcules T M, il n'y aura aucun quart ; ſi le talon P ſe trouve ſur le ſecond degré I du limaçon, il n'y aura eu que la premiere dent S qui aura paſſé la baſcule T, & la premiere dent Q qui aura été au-delà de la baſcule M, de ſorte qu'il n'y aura qu'un coup double.

VII. La *ſurpriſe* dont on a vû l'effet dans le Chapitre précédent, paroît encore en Z, avec

cette différence que la partie V de la ſurpriſe y tient lieu de cheville, & ſert à faire avancer l'étoile, par exemple, le rayon 10, & après qu'il a avancé, le rayon 11 la repouſſe & la fait revenir comme on le voit en Z, pour recevoir le guide des quarts.

CHAPITRE IV.

Deſcription d'une Pendule à quatre parties.

I. ON appelle Pendule à 4 parties, celle qui a tout à la fois, mouvement, ſonnerie des heures & des quarts, & répétition; celle que nous allons décrire eſt *à grande répétition*, c'eſt-à-dire, ſonne d'elle-même les heures à tous les quarts, ou les quarts ſeulement quand on le veut.

II. Nous ſuppoſerons que le lecteur a compris l'effet de la ſonnerie décrite au Chap. I. pag. 95, & du tirage ſimple de répétition que l'on a vû Chap. II. pag. 100; nous n'aurons que peu de choſe à ajoûter pour faire bien entendre les effets de celle-ci.

Plan. VI. Fig. I. III. Le limaçon des quarts placé ſur la roüe des minutes, porte 4 chevilles pour lever à chaque quart le détentillon briſé A B C D E F; le détentillon étant levé, le rateau ſe dégage, parce

ce qu'il eſt toujours preſſé par le reſſort G G H, & deſcend juſqu'à ce que la queuë du rateau ſoit appuyée ſur une des entailles du limaçon des heures. La détente K qui étoit relevée par le rateau, étant ſollicité par le reſſort L M, deſcendra & dégagera la cheville de la roüe d'étoteau, pour former le délai, mais la partie D du détentillon deſcendra pour retenir la cheville de la roüe de délai, juſqu'à ce que le détentillon ait échapé en A de deſſus la cheville du limaçon. La roüe d'étoteau tournera donc ſans réſiſtance, la palette N qui eſt fixée ſur ſon axe, à chaque tour fera avancer une dent du rateau, & la roüe des chevilles fera lever le marteau par le moyen de la baſcule Y, que l'on voit tracée en points ſous le rateau, cela continuera juſqu'à ce que la cheville P C du rateau ſoit arrivée ſur une des 4 diviſions de la piece des quarts Q, qui l'arrêtera & fera en même tems relever la détente K, pour arrêter la roüe d'étoteau.

IV. La palette R ſert à mettre en priſe les baſcules des quarts pour faire ſonner les coups doubles, ſi le rateau avance aſſez pour que ſa partie relevée S, faſſe relever cette palette R.

V. Le même effet que l'on vient de voir, & qui eſt produit par le mouvement de la Pendule, on pourra le produire à tout moment en tirant le cordon V X, & la Pendule répétera de la même maniere qu'elle ſonnoit.

VI. Il reſte à montrer de quelle maniere l'on peut empêcher que la Pendule ne ſonne les heures à tous les quarts, & faire qu'elle ne ſonne que les quarts ſeulement.

La piece T ſemblable à la piece F, eſt fixée ſur le même axe à frottement dur, elle deſcend un peu plus bas quand on le juge à propos; alors elle empêche de ſonner les heures à tous les quarts, par ce que la cheville Z du rateau ſe trouve arrêtée par le crochet en O, en ſorte que le rateau ne peut échaper entierement; mais lorſque l'heure doit ſonner, la 4e cheville A du limaçon des quarts, étant plus écartée du centre, levera davantage la détente, le crochet dégagera entierement la cheville Z, & le rateau ſonnera les heures & les quarts.

VII. La piece d'acier *h m*, que l'on voit à côté de la figure, ſert à donner aux limaçons des heures & des quarts, la liberté de rétrograder pour pouvoir les mettre à l'heure; cette piece eſt fixée ſur la queuë du rateau H I, enſorte qu'il n'y a que ſon extrêmité *m*, qui appuye ſur le limaçon; comme cette extrêmité eſt taillée en biſot auſſi-bien que le bord du limaçon, & qu'elle fait reſſort en *h*, elle s'éleve facilement pour donner au limaçon la liberté de tourner; on met une ſemblable piece ſur le bras M de la piece des quarts.

CHAPITRE V.

Deſcription d'un Réveil de la conſtruction la plus parfaite pour les Montres.

I. LA partie qui conſtitue le Réveil, eſt un rochet A, qui fait mouvoir avec rapidité un marteau; ce rochet eſt mis lui-même en mouvement par un reſſort contenu dans un barillet qui agit ſur la roüe C, celle-ci ſur la ſeconde roüe B, & la roüe B, ſur le pignon du rochet. Plan. VI. Fig. 2.

II. Lorſque le rochet eſt libre, il agit alternativement ſur les deux leviers D, E, comme dans l'échapement à double levier, (*Planche* XIII. *Fig.* 6.) l'axe du levier D, qui porte le marteau, le fait frapper alternativement ſur la boëte en F, & en G; mais dans ſon état ordinaire, c'eſt-à-dire lorſque le Réveil ne ſonne point, le marteau eſt engagé par une goupille *f*, placée perpendiculairement ſur ſa tige dans l'extrêmité de la détente.

III. La détente *f* G, eſt mobile autour d'un axe L I, enſorte que quand ſon extrêmité G a la liberté de deſcendre, le reſſort K qui preſſe toujours de bas en haut, fait élever la partie *f*, qui dégage la goupille & le marteau.

IV. Tout ſe réduit donc à concevoir comment cette partie G de la détente a la liberté de deſcendre à l'heure où le Réveil doit ſonner, & pourquoi tout le reſte du tems elle eſt relevée, malgré le reſſort M K qui tend à l'abaiſſer; pour cela on doit concevoir que la roüe de cadran eſt deſſous la partie G de la détente, & qu'elle eſt fixée ſur la roüe des heures; ſous l'éguille des heures eſt placée l'éguille du Réveil N O, qui a une entaille N, auſſi-tôt que la cheville P, qui eſt ſur l'éguille des heures rencontre cette entaille, elle entre dedans, alors le reſſort M K a la liberté de faire enfoncer la roüe de cadran en G, & par là, dégager la goupille F, parce que la détente F G tourne au tour de l'axe I L.

V. La piece d'arrêt P, ſert a déterminer le nombre de tours que l'on peut faire faire au reſſort contenu dans le barillet en remontant le Réveil; on en a déja vû une ſemblable dans la *Plan. III. Fig.* 3. la palette N fixée ſur l'axe du barillet, lorſqu'on montera le Réveil accrochera ſucceſſivement les dents 1, 2, 3, & au dernier tour viendra ſe repoſer ſur la partie pleine & relevée 4.

VI. L'uſage de la piece O H R, eſt de faire ceſſer le mouvement du Réveil promptement & avec préciſion; en effet lorſque le Réveil commence à ſonner, l'extrêmité R de la piece O H R, étant ſur la partie 4 la plus relevée de la pie-

ce d'arrêt, ſon autre extrêmité *f*, eſt écartée de la cheville, & ne gêne point le mouvement du marteau, mais au moment où le reſſort aura achevé ſes 5 tours, & que la palette N ſera prête à ſe repoſer en N, la partie R tombera dans la premiere entaille, & l'autre extrêmité *f* qui a une petite ouverture demi circulaire pour embraſſer la cheville *f*, arrêtera ſubitement le marteau.

CHAPITRE VI.

Deſcription d'une cadrature de Montre à répétition.

I. LES premieres Montres à répétition furent faites à Londres, par MM. *Quare* & *Tompion* après que la répétition eut été imaginée par Barlow en 1676. Si l'on a compris les pieces de la Pendule dont on a déja vû la deſcription Chap. III, il ſera facile de comprendre celles-ci par le moyen des premieres.

II. A eſt la piece qui tient lieu de *rateau*, cette piece étant écartée par le *pouſſage*, elle tire en B la chaîne qui paſſe ſur une poulie de renvoi C, & qui entoure la poulie E, ſur laquelle elle eſt accrochée. Plan. VI. Fig. 3.

La poulie E, eſt miſe quarrément ſur l'arbre du reſſort de la répétition qui porte ſur ſon axe un rochet; ce rochet eſt dans l'intérieur de la ca-

ge, il produit l'effet de la roüe de chevilles en Pendules, & ſert à lever le marteau pour faire ſonner les heures; ainſi après avoir pouſſé le rateau juſqu'à ce que le bras E appuye ſur une des entailles plus ou moins profonde du limaçon des heures, que l'on voit ſous l'étoile F, la poulie E retourne auſſi-bien que le rochet qui eſt fixé ſur ſon axe dans l'intérieur de la cage, & ce rochet leve le marteau autant de fois qu'il y a eu de dents de paſſées.

III. G D H, eſt la piece des quarts, mobile autour du point D, elle porte 3 dents à chaque extrêmité à cauſe des coups doubles, elle porte auſſi un bras H pour renverſer la levée des heures, & empêcher qu'elle ne puiſſe ſonner; la même piece des quarts, porte encore un bras K qui doit être retenu par l'extrêmité L de la piece du tout ou rien.

IV. La piece du tout ou rien L M, eſt mobile autour du point M, elle porte le limaçon des heures, & l'étoile F; elle eſt preſſée vers *F*, au moyen du reſſort *f*, qui d'un côté eſt fixé ſur la piece, & de l'autre appuye contre une broche *f* ſur laquelle la piece paſſe librement & avec jeu.

V. Auſſi-tôt que le rateau a preſſé le limaçon F aſſez fortement pour écarter la piece du tout ou rien, & pour dégager le bras K de la piece des quarts, cette piece deſcend juſques ſur le limaçon des quarts N, étant ſollicité par le reſ-

ſort D, c'eſt en quoi conſiſte l'effet du tout ou rien; car ſi l'on ne pouſſoit pas aſſez le rateau pour que le bras K vint appuyer ſur le limaçon & l'écarter, le bras K de la piece des quarts ne ſe dégageroit point, la levée du marteau ſeroit toujours retenue en I, & ne répéteroit rien du tout.

Dès que la levée des quarts eſt dégagée en I, le reſſort ponctué O la repouſſe pour la mettre en priſe, & la partie P de cette même levée ſe trouve placée ſur le chemin de la piece des quarts.

VI. Suivant que la piece des quarts aura rencontré en N, une entaille plus ou moins profonde du limaçon, il y aura 3 dents *a*, *b*, *c*, de la piece des quarts, deux, une, ou point du tout, de paſſées au-deſſus de la levée P, & au-deſſous de l'autre levée Q; par conſéquent dans le retour de cette piece les deux levées frapperont autant de coups doubles qu'il y aura de dents de paſſées; le retour de la piece des quarts ſe fait par le moyen d'une palette E, ou petit bras placé ſur le même axe que le rochet, & qui prend en paſſant la goupille R pour ramener cette piece qui fait frapper les coups doubles en P & en Q, & finit par relever de nouveau la levée des heures P, & la faire déſengrenner du rochet.

VII. La levée Q du marteau des quarts, eſt toujours aſſujettie contre la boëte par le reſſort X, la partie G en retournant, l'oblige à agir ſur

la queue Y du marteau des quarts ; la levée du marteau des heures au contraire eſt toujours écartée de la boëte par le reſſort Z, & la piece R en revenant, l'oblige de s'approcher & de pouſſer la queuë *m* du marteau.

VIII. Chaque marteau a auſſi un reſſort tel que *n*, qui le preſſe contre la boëte, & l'oblige d'y revenir fraper avec force, quand il en eſt écarté par la levée P.

La piece S & la piece *ſ*, ſont fixées avec une vis chacune ſur la platine, elles ne ſervent qu'à contenir le bras du rateau, & le tout ou rien, pour les empêcher de s'élever.

IX. Les deux vis V V agiſſent chacune ſur un levier qui peut détourner tant ſoit peu la levée du marteau, afin de le faire fraper au timbre de plus près, & de donner plus ou moins de force & de ſon à chaque coup de marteau.

X. La piece T, eſt une ſourdine ; lorſqu'on la preſſe, elle releve par ſes deux extrêmités les marteaux pour empêcher qu'ils ne frapent contre le timbre ou contre la boëte.

CHAPITRE.

CHAPITRE VII.

Deſcription d'une Pendule à remontoir, c'eſt-à-dire dans laquelle le poids moteur ne deſcend que d'une ligne, étant remonté continuellement par un reſſort.

I. LES inégalités & les inconſtances d'un reſſort ont toujours fait déſirer de pouvoir employer les poids dans le mouvement des Pendules, même du plus petit volume, c'eſt pour cela qu'on a imaginé les *remontoirs*.

On appelle en général remontoir la partie d'une Pendule qui ſert à remonter le poids, ſoit pour épargner la longueur de l'eſpace qu'il parcouroit naturellement, ſoit pour faire aller la Pendule plus long-tems; celui que nous allons décrire eſt des plus commodes, il fut imaginé par *Pierre Gaudron*, pour Monſeigneur le Duc d'Orléans, Regent, en 1717.

II. L'idée de cette machine conſiſte à faire enſorte que la premiere roüe d'une Pendule à reſſort telle que celle du Chap. I. c'eſt-à-dire la roüe qui conduit celle des minutes, ſoit détachée du mouvement, & ſerve à remonter par un côté le cordon d'un poids qui agit par l'autre côté ſur la roüe des minutes, qui eſt alors la pre-

Plan. VII. miere roüe du mouvement. La figure eſt ſenſée miſe derriere la Pendule, enſorte que ce qui paroit à droite, eſt véritablement à gauche, quand on regarde le cadran ; A eſt le barillet qui contient un reſſort de 15 jours, & qui fait mouvoir une ſeconde roüe B qui ne ſert qu'au remontoir.

III. La roüe B engrenne dans le pignon de la roüe C qui n'eſt pas non plus du mouvement, celle-ci porte la poulie D du remontoir qui a 6 lignes de diametre, & eſt garni de pointes ; cette roüe engrenne dans le pignon du volant N N ; F eſt la poulie du mouvement portée ſur la roüe de longue tige ou des minutes, ſur laquelle elle agit, on conçoit aſſez que le poids n'a beſoin que de très peu de force, puiſqu'il n'a que 3 roües à conduire, la roüe des minutes, la petite roüe moyenne, & la roüe d'échapement.

IV. Le poids I porté par une poulie ordinaire E, dans une chape M, agit moitié ſur la poulie F du mouvement, & moitié ſur la poulie *remontante* D, le cordon S S paſſe dans une poulie G fixée au fond de la boëte, il agit d'un côté en deſcendant par ſon poids ſur la poulie F du mouvement, & de l'autre il eſt remonté de la même quantité par la poulie D auſſi garnie de pointes, qui eſt animée par le grand reſſort A, cela ſe fait à peu près à toutes les minutes.

V. Il nous reſte à parler de la piece qui arrête le mouvement du remontoir, & d'une

partie qui n'eſt que de précaution.

La piece O L qui eſt repréſentée ſeule (*Fig.* 3.), eſt mobile autour d'un axe O, elle a 4 branches L, R, Q, & la partie O P qu'on a détaché (*Fig.* 2.) Fig. 3. Fig. 2.

La branche K L appuye toujours ſur la chape M, & facilite la deſcente du poids; la branche R en forme de crochet, eſt deſtinée à retenir des chevilles qui ſont ſur la roüe C, en cas que le cordon vînt à ſe rompre, pour empêcher le roüage de couler; la partie Q ſerviroit à recevoir auſſi les chevilles de la roüe C, & à faire les fonctions de la piece O P, ſuppoſé que celle-ci vînt à manquer toute ſeule.

VI. Pour ce qui eſt de cette partie O P (*Fig.* 1. *&* 2.) elle eſt néceſſaire même dans l'état naturel pour arrêter en N le volant, & pour empêcher l'action du grand reſſort juſqu'à ce que par la deſcente du poids cette action ſoit devenue néceſſaire; mais auſſi-tôt que le poids eſt deſcendu d'une ligne de même que la branche L, la cheville P quitte le volant N, & lui laiſſe faire un demi tour, le grand reſſort agit librement, la roüe B & la roüe C tournent un peu, la poulie D, par le moyen de ſes pointes releve le cordon S S du poids, & le fait monter auſſi-bien que la piece L K; dès que le poids eſt remonté de la quantité dont il étoit auparavant deſcendu, la cheville P ſe préſente contre le volant en N pour Fig. 1. 2.

l'arrêter. Comme le coup du volant contre le crochet P ſeroit trop fort, on a rendu la piece O P coulante & mobile ſur une autre petite regle *o p*, & on y a mis un reſſort *a b* qui tend toujours à éloigner la partie P, mais qui céde tant ſoit peu à l'effort du volant pour adoucir le choc.

VII. L'auteur ajoûtoit encore deux pieces à ſes Pendules qui ne ſont point dans la figure, n'étant pas eſſentielles à cette mécanique, l'une pour arrêter le petit roüage quand on tranſporte la Pendule & qu'on en ôte le poids; l'autre pour le cas où le grand reſſort étant au bas, la poulie ſeroit trop deſcendue pour pouvoir la remonter ſans faire partir le roüage.

VIII. M. *Gaudron* avoit jugé auſſi que pour diminuer le bruit que pouvoit faire le volant en venant fraper contre la cheville P, il valoit mieux y ajoûter deux roües, dont la derniere n'étoit qu'un cercle d'étain.

IX. Les nombres ſont arbitraires, voici ceux que M. *Gaudron* employoit; le barillet 84, la roüe B 72, & ſon pignon 12; la roüe C 72, & ſon pignon 8; le pignon du volant 8.

CHAPITRE VIII.

Description d'une Pendule qui est continuellement remontée par le seul mouvement de l'air.

I. LA construction de cette Pendule ne differe pas quant à l'intérieur du mouvement de celle que nous avons décrite ci-dessus page 6. mais elle renferme de plus un remontoir composé de 3 roües & d'un volant, nous allons en donner la description.

II. On sait que la température de l'air extérieur est ordinairement différente de celle des appartemens que l'on habite, & qui sont défendus par l'épaisseur des murs contre une partie de la chaleur ou du froid que la masse totale de l'air éprouve successivement dans les différentes heures du jour, ou dans les différentes saisons; ainsi toutes les fois que l'air extérieur se trouve plus froid & par conséquent plus pésant, comme il le sera, par exemple, le matin avant le lever du Soleil, la force de son ressort & de sa pésanteur l'oblige à s'insinuer par les moindres ouvertures qui peuvent lui donner accès dans des lieux remplis d'un air moins froid, par conséquent moins condensé, & qui résiste moins à son action.

De même l'air qui occupe l'intérieur d'un ap-

partement étant plus calme & plus paiſible que l'air extérieur, celui-ci ne peut manquer d'enfiler les iſſuës qui ſe preſentent au dehors, & de pénétrer dans l'intérieur par la ſeule force de ſon mouvement.

III. D'après ces notions préliminaires, il ſera facile de comprendre l'effet & l'utilité de cette machine; on pratiquera une ouverture extérieure par laquelle l'air puiſſe s'introduire dans un conduit E E S S, (*Fig.* 1.) par le côté E E, & reſſortir en S S, dans une cheminée ou au dehors de la chambre; l'intérieur de ce conduit ſera traverſé dans toute ſa largeur par les aîles d'un moulinet B A A, qui par conſéquent ſe trouveront pouſſées de A vers S; toutes les fois que le vent du dehors ou la chaleur du dedans obligeront l'air extérieur à s'introduire par l'ouverture E E; la longueur de ces aîles ſera d'environ 3 pouces.

PL. VIII. Fig. 1.

IV. L'axe du moulinet portera un pignon C, qui fera mouvoir une roüe D D de D en C, celle-ci portera de même un pignon *F* qui entraînera la roüe F G de F en G, enfin celle-ci par le moyen du pignon H, entraînera la roüe H K I de H en K, & par conſéquent auſſi la poulie L qui eſt fixée ſur cette roüe, & dont les pointes remontent le poids P, par la partie L P du cordon, tandis que ce poids par la partie Q R du cordon agit ſur la poulie Q du mouvement.

V. Pour empêcher que le mouvement de l'air ſouvent trop rapide & preſque continuel, ne détruiſit la machine lorſque le poids parvenu juſques vers la poulie, ne pourroit plus ſe remonter; on a pratiqué proche de l'ouverture extérieure E E une vanne V qui eſt remontée juſqu'en T, par le moyen de la baſcule X Y qui eſt mobile autour du point Y, & que le poids P R oblige de remonter lors qu'il approche de la poulie Q.

Cette vanne étant une fois parvenue en T, ferme entierement le paſſage de l'air extérieur, de maniere qu'il ne peut plus agir ſur le moulinet B A, qui ſans cela ſeroit bien-tôt fracaſſé, comme l'expérience me l'a appris; mais auſſi-tôt que le poids commence à redeſcendre, la baſcule Y X deſcendant par ſon propre poids, auſſi-bien que la vanne V X, le paſſage de l'air devient libre, & l'effet du remontoir recommence.

VI. Le conduit d'air que l'on doit pratiquer pour cette machine, peut ſe placer derriere une tapiſſerie, ou dans tout autre lieu qui ſera plus commode, il peut être droit ou recourbé, rond ou applati ſuivant la circonſtance des lieux; lorſqu'il s'ouvre dans une cheminée, il doit être le plus bas & le plus proche qu'il ſe pourra du foyer, de peur que la fumée ne s'y introduiſe, il peut même alors ſervir de fumifuge, en donnant à la cheminée un air qui facilite l'élévation de la fumée.

VII. On aura ſoin de mettre une ſéparation exacte entre le volant & le reſte de la machine, pour que l'air ne puiſſe s'y inſinuer; pour cet effet, on ſe ſervira d'une piece de bois ou de ferblanc Z W qui ne donne paſſage qu'à la tige C C du pignon C, & qui ſépare le volant du roüage.

VIII. Cette machine eſt d'une grande commodité dans l'uſage, l'expérience eſt d'accord avec le raiſonnement; j'en ai placé dans divers endroits, entr'autres dans la ſalle de l'Académie de Peinture & de Sculpture au Louvre; il n'eſt perſonne qui ne ſoit charmé d'être déchargé pour toujours du ſoin de remonter une Pendule, & de la crainte de la laiſſer arrêter par négligence ou par oubli.

IX. Quoique le mouvement perpétuel mécanique ſoit jugé impoſſible, on n'en doit être que plus attaché à faire valoir les forces de la nature dans la production d'un mouvement perpétuel phyſique tel que celui que l'on vient de voir, ou d'autres ſemblables que l'on peut imaginer; j'eſpere pouvoir produire le même effet par la ſeule péſanteur de l'air qui étant variable & comme on le ſait, capable de faire équilibre avec une colonne de Mercure de 29 pouces de hauteur, peut à plus forte raiſon être employée à faire mouvoir une machine; je ne ſais ſi on y a ſongé juſqu'à préſent.

CHAPITRE,

CHAPITRE IX.

Pendule à une roüe faite en 1751.

I. LE déſir de ſimplifier les machines d'Horlogerie ne paroiſſoit pas pouvoir nous conduire jamais à une ſimplicité plus grande que celle de 3 roües pour une Pendule qui marque les heures, les minutes & les ſecondes.

II. Nous liſons dans un Mémoire de M. de Rivaz, imprimé ſur la fin de l'année 1751. qu'il avoit fait pluſieurs tentatives à ce ſujet; il avoit d'abord ſubſtitué au roüage d'une Pendule 4 rateaux qui ſe conduiſoient l'un & l'autre; il fit enſuite en 1740. une Horloge qui n'avoit aucune roüe de mouvement, mais ſeulement 3 roües de cadrature, dans laquelle le pendule conduiſoit la roüe des ſecondes, qui à chaque révolution faiſoit paſſer une dent de la roüe des minutes, & celle-ci à chaque tour une dent de la roüe des heures qui en échapant reſtituoit au pendule le mouvement néceſſaire pour agir pendant l'heure ſuivante.

III. Au commencement de 1751. le fils aîné de M. Julien le Roy me propoſa de faire une Pendule dans laquelle il n'y auroit qu'un rateau qui ſeroit retenu par des échellons fixés ſur le ba-

lancier ; la roüe des minutes devoit pouſſer le rateau pendant une minute, & le rateau devoit revenir par ſon propre poids, ou par le moyen d'un contrepoids, pendant la minute ſuivante ; le pendule placé ſur le côté de la roüe devoit recevoir toutes les 2 minutes, un coup d'une dent de la roüe des minutes pour lui reſtituer le mouvement ; cette idée étoit encore fort éloignée de l'état de perfection où je la portai bien-tôt, après des tentatives réitérées & des peines infinies, pour la mettre en l'état où nous la préſentâmes au Roi dans le mois de Mai 1751.

Plan. IX. IV. Le pendule A B C D E F ſuſpendu en A porte les 4 palettes G, H, K, L ; il eſt recourbé en forme de manivelle afin que le point de ſuſpenſion A, étant ſur le milieu de la cage, le balancier ne ſoit point arrêté par l'axe de la roüe, & que ſa partie D puiſſe ſe préſenter vers la circonférence de la roüe qui doit reſtituer le mouvement aux deux palettes M, N, portées ſur la verge du balancier.

V. La roüe eſt miſe en mouvement par le poids qui agit ſur une petite poulie T ; la dent *x* de la roüe agit ſur deux leviers, l'un *o p* auquel on donne une figure courbe, telle à peu près que la dent agiſſe ſur toute ſa longueur *o p* avec une force toujours égale ; l'autre *q*, qui eſt une palette rectiligne.

VI. Conſidérons le moment où la dent de la

roüe preſſe la palette *q*, pour faire aller le rateau de droite à gauche, & où (le pendule étant vertical), il eſt arrêté contre la premiere palette K après une vibration ; le balancier s'éloignant enſuite vers la gauche pour faire une ſeconde vibration, le rateau S R tombera ſur la palette L, à la 2e ſeconde, & toutes les autres de ſuite, enſorte que la 15e dent R du rateau tombera ſur la palette L à la 30e vibration, & la premiere dent S ſur la palette G à la 31e ; la ſeconde dent tombera ſur la palette H à la 32e vibration, & par conſéquent la derniere dent du rateau, ſera ſur H à la 58e, ſur G à la 59e, & à la 60e elle échapera entierement.

VII. Mais au même inſtant que le rateau ſe trouve dégagé des palettes, la dent de la roüe qui agiſſoit ſur le petit levier *q* en échapera, & la dent ſuivante *x*, commencera à agir ſur le levier *o p* ; comme ce levier *o p* eſt une courbe inclinée en dedans, deſorte que le point *o* de cette courbe eſt plus éloigné du centre, ou de l'axe, que le point *p*, la dent faiſant effort pour s'approcher du centre obligera le levier *o p* à s'écarter vers la gauche, & ramenera le rateau vers la droite.

Ainſi à la 61e ſeconde le rateau reviendra ſur la palette G pour commencer la minute ; à la ſeconde vibration ſa dent R tombera ſur la palette H, & le pendule venant à faire une oſcillation à droite qui baiſſe tant ſoit peu la palette H, la ſe-

conde dent du rateau tombera sur l'autre palette G, à la 3e seconde, & la premiere dent passera entre les deux palettes ; en allant de suite on comprend que la 15e dent S tombera sur la palette H à la 30e seconde, & la dent R sur la palette K à la 31e ; par conséquent la derniere dent S tombera en K à la 59e seconde, & le rateau échapera entierement à la 60e : alors pour commencer la minute suivante, la dent de la roüe échapera du levier *o p*, commencera à agir sur le levier *q*, & ramenant le rateau vers la gauche la premiere dent S sera sur la palette K à la premiere seconde, & sur la palette L à la 2e, comme on l'a vû en commençant.

VIII. Les deux palettes M, N, qui sont placées sur la verge du pendule perpendiculairement à la ligne A M tirée du point de suspension, reçoivent la dent de la roüe chaque fois qu'elle échape des leviers *p* ou *q*, & que le rateau se trouve en même tems dégagé des palettes H ou K ; la premiere palette M reçoit la dent à la fin de la premiere minute, & la palette N la reçoit à la fin de la seconde minute ; ces palettes sont terminées par des plans inclinés sur lesquels la dent glisse & agit suffisamment pour restituer le mouvement que le pendule a perdu pendant une minute ; le rateau porte sur son axe l'éguille des secondes, telle qu'on la verra dans le Chapitre XI.

IX Quoique la poulie T fut extrêmement petite, comme elle faiſoit un tour à chaque heure, la Pendule n'alloit pas aſſez long-tems ; pour y remédier & pour diminuer la deſcente du poids, au lieu de 30 dents que la roüe devoit avoir pour pouvoir porter l'éguille des minutes, on lui en donne 45, deſorte qu'elle ne tourne qu'en une heure & demie ; on fixe ſur ſon arbre à frottement dur une roüe de 60 M, cette roüe engrenne dans une roüe N de renvoi, qui a 40 dents, qui par conſéquent fait ſon tour en une heure, & porte l'éguille des minutes. La roüe M porte en V un pignon de 10 qui engrenne à ſon tour dans la roüe Y de 80 dents, cette roüe porte l'éguille des heures.

X. L'échapement de cette Pendule eſt compoſé comme on le voit d'une courbe *o p*, & d'une palette *q*, ſur leſquelles la dent *x* agit alternativement pour faire aller le balancier à droite & à gauche ; cet échapement étoit ſujet à pluſieurs défauts qui me l'ont fait abandonner depuis, pour y ſubſtituer celui qu'on verra dans le Chapitre XI. Le frottement de la dent *x* de la roüe ſur la courbe *o p* eſt trop dur, & produit un effort conſidérable ſur l'axe Z de la piece *o p q*, qui ayant une longueur aſſez grande, peut facilement ſe courber & peut-être même abandonner la roüe.

L'effort de la dent *x* de la roüe ſur la courbe

o p, & ſur la palette *q*, eſt trop inégal, & depuis le commencement de l'impulſion juſqu'à la fin il va toujours en diminuant, au lieu que l'effort de cette dent ſur la palette *q*, va toujours en augmentant par la longueur du levier.

XI. Quelque défectueux que fût cet échapement, on pouvoit être ſéduit par la propriété qu'il avoit, étant appliqué aux Montres, de ſupprimer la roüe de champ, & d'être aſſez facile à exécuter, c'eſt ce qui a porté le Sieur Chriſtin au mois de Mars dernier, à en faire l'application aux Montres, & à le publier dans les gazettes comme le plus nouveau & le plus parfait de tous les échapemens, l'expérience fera voir à tout le monde qu'il étoit fort loin de compte.

Le ſeul changement qu'il y ait fait eſt un vice qu'il y a ajoûté de plus en allongeant beaucoup la palette ou levier *q*; il la diminue auſſi de la moitié ſur ſon épaiſſeur, afin de laiſſer paſſer les dents ou pointes de la roüe qui ſont longues, par deſſous la palette *q*, & pour l'impulſion de cette palette il place ſur le milieu de la longueur de chaque dent de la roüe, une autre dent relevée de champ deſtinée à agir ſur la partie *q*, tandis que les pointes mêmes des dents agiſſent ſur le levier courbe *o p*, ainſi les deux leviers d'impulſion deviennent très-inégaux, puiſque dans l'un les dents agiſſent par leur extrêmité ou par leur partie la plus éloignée du centre, & dans l'autre

elles agiſſent par leur partie moyenne qui eſt beaucoup plus près du centre. Une production ſi imparfaite ne méritoit pas d'être revendiquée, auſſi nous n'avons ſongé ni M. le Roi le fils, ni moi, à rappeller nos prétentions à ce ſujet. Au reſte cette Pendule eſt l'ouvrage d'Horlogerie le plus difficile que je connoiſſe.

CHAPITRE X.

Deſcription d'une Pendule faite ſans roües de mouvement, & avec deux ſeules roües de cadrature, inventée au mois d'Août 1752.

I. DANS la Pendule que nous venons de décrire, la roüe reſtituoit le mouvement au pendule à chaque minute, recevant elle-même ſon mouvement d'un poids comme dans les Pendules ordinaires; je ne tardai pas à m'appercevoir que l'on pouvoit en ſimplifier la conſtruction en employant une ſonnerie qui reſtitueroit le mouvement à chaque coup de marteau, c'eſt ce que j'ai pratiqué dans celle-ci.

II. Le pendule AB étant mis en mouvement eſt capable d'oſciller de lui-même aſſez longtems pour attendre l'opération qui devra lui rendre la quantité de mouvement qu'il perdroit peu à peu; ſur le haut du Pendule & vers le point de ſuſpenſion eſt placée perpendiculairement une Plan. X. Fig. 1.

traverſe C *c* qui porte à ſes extrémités deux leviers mobiles C D, *c d*, dont les extrémités vont s'engager dans les dents d'un rochet *e* qui porte l'éguille des ſecondes ; ces deux leviers forment quelque choſe de ſemblable à la machine de *La-Garouſte*, ou une eſpece de cliquet. Lorſque le pendule fera une oſcillation à gauche, le levier *c d* deſcendra & fera avancer une dent du rochet ; en même tems le levier C D paſſera d'une dent à la ſuivante, il ſera donc en état de pouſſer à ſon tour le rochet, lorſque le pendule revenant à droite fera baiſſer le levier C D, & que le levier *c d* continuellement appliqué au rochet par un reſſort en *c* paſſera auſſi d'une dent à l'autre.

III. Ainſi le rochet qui a 30 dents, fait un tour en une minute, il porte aſſez près du centre une cheville *e* qui à la fin d'une révolution, fait paſſer une dent d'un autre rochet F F qui eſt retenu par un cliquet, & eſt taillé intérieurement afin de pouvoir tourner dans le même ſens ſans aucune cadrature ; le rochet F ayant 60 dents, fera donc ſon tour en une heure, & portera l'éguille des minutes.

Pour ce qui eſt des heures, elles ſeront marquées par le chaperon des heures, au travers d'un trou, ou vis-à-vis d'un index.

IV. La roüe des minutes F F porte 4 chevilles *g*, *g*, qui levent à chaque quart le détentillon M K H, celui-ci dégage la détente L qui retenoit

tenoit une des chevilles derriere le chaperon des quarts P P, & le détentillon reçoit la cheville ſuivante du chaperon, qu'il retient juſqu'à ce qu'il ait échapé en *g*, alors le chaperon tourne par la force du poids & fait lever les marteaux juſqu'à ce que la détente L rencontre une autre entaille.

V. A chaque coup de marteau les chevilles du chaperon tombent ſur des arcs de cercle N, dont le centre eſt en A, qui ſe terminent par des plans inclinés, & qui ſont fixés ſur la verge du pendule; la cheville en échape à chaque vibration, & paſſant ſur la partie inclinée, elle reſtitue le mouvement au pendule; c'eſt là le principe du mouvement.

VI. Ce chaperon des quarts fait ſon tour en 6 heures afin que le poids qui agit ſur les 2 chaperons tout enſemble ne deſcende pas ſi conſidérablement, il a par conſéquent 72 chevilles d'un côté, dont 30 plus longues ſervent à lever les marteaux; & les 42 autres ne ſervent qu'à repoſer ſur le détentillon & la détente; des 72 chevilles, il y en a 36 qui paſſent alternativement de l'autre côté du chaperon pour repoſer ſur les plans, toutes les 72 ſervent au détentillon & à la détente; les 36 plus longues qui ſont d'un côté, ſervent à reſtituer le mouvement & à modérer la vîteſſe du chaperon; des 72 qui ſont de l'autre côté, les 30 plus longues levent les

marteaux, elles ſont alternatives avec les courtes, excepté une de ſix en ſix.

VII. Le chaperon des quarts à chaque heure, ayant une partie plus élevée telle que *p*, ſouleve davantage la détente, & par le moyen d'une baſcule de communication, dégage le chaperon des heures qui étoit retenu en R; le chaperon des heures tourne comme le précédent; il a 78 chevilles qui levent les marteaux, dont 39 étant plus longues reſtituent le mouvement ſur des plans inclinés S, T, fixés à l'autre côté de la verge du pendule, & ſemblables à ceux dont nous avons déja parlé, ces 39 ſont auſſi alternatives.

VIII. Cette Pendule eſt la plus ſimple que l'on ait encore imaginé pour produire un ſi grand nombre d'effets; les 2 chaperons pourroient ſe réduire à un ſeul en le faiſant plus grand; elle n'a aucune roüe de mouvement, point de rateau ni de pignon, & 2 ſeules roües de cadrature.

M. le Mazurier en a préſenté une au mois de Mars 1755. qui étoit faite ſur le même principe, mais dans laquelle il s'étoit ſeulement efforcé par une complication extrême, de faire reſtituer le mouvement à chaque minute; cette Pendule n'évitoit pas l'inconvénient de celle-ci qui eſt l'irrégularité que la ſonnerie cauſe aux vibrations du pendule, puiſque les queuës des marteaux y repoſoient également ſur des palettes fixées au balancier.

C'eſt ce défaut d'uniformité qui m'a fait négliger la Pendule que je viens de décrire ; il n'étoit pas poſſible qu'un pendule qui recevoit 12 fois plus d'impulſion à midi qu'à une heure, fût toujours parfaitement iſochrone ; on verra une Pendule dans le Chapitre ſuivant beaucoup plus parfaite, preſque auſſi ſimple, & plus facile à exécuter ; elle fut inventée & exécutée par mon Frere, au mois de Janvier 1754.

CHAPITRE XI.

Deſcription d'une nouvelle Pendule à une roüe, avec la ſonnerie ſans roüage & par un ſeul chaperon.

I. LE poids P ſuſpendu à un cordon qui paſſe ſur une poulie A garnie de pointes, eſt le premier moteur de la Pendule ; cette poulie eſt fixée ſur l'axe de la roüe D C qui eſt la ſeule roüe de mouvement, & qui faiſant ſon tour en une heure, eſt chargée de l'éguille des minutes ; cette roüe eſt ſupportée par un coq S en dedans de la cage, afin que l'extrêmité B de ſon axe puiſſe porter le canon de l'éguille des heures, qui porte une étoile R en dedans de la cage. Pl. XI.

II. Cette roüe paſſe entre 2 pieces d'acier D & *d*, qui forment un échapement dans le genre de celui que l'on verra Chap. XIV. la piece *d* eſt

ponctuée ſur le plan pour faire voir qu'elle eſt ſituée derriere la roüe, & l'autre D en devant de la roüe.

Ces deux portions de cylindre D & *d*, ſont recourbées intérieurement en allant du centre vers la circonférence comme des portions de ſpirales.

III. La roüe D C qui porte 30 chevilles de chaque côté, rencontrant vers le centre une des courbes *d*, & faiſant effort pour la pouſſer vers E, on voit par la ſituation de la courbe ponctuée *d*, que la portion de roüe K G F qui eſt fixée ſur le même arbre que les cylindres D, *d*, tendra à ſe mouvoir dans le ſens contraire, de G en F.

IV. La portion de roüe K G F porte deux rangées de chevilles, l'une F G de 31 chevilles, l'autre G K de 30; ces deux rangées ſont ſéparées en G par un intervalle ſuffiſant pour la chûte d'une des courbes ſur l'autre.

V. Les deux bras F & G de l'ancre portent chacun 2 arcs concentriques, l'un extérieur F, G, l'autre intérieur *f*, *g*, ils portent auſſi chacun deux plans inclinés comme on les voit aux extrêmités des arcs F, G, *f*, *g*.

VI. La portion de roüe K G F eſt ſollicitée à ſe mouvoir de G en F; la premiere cheville rencontrera le plan incliné *f*, & l'écartant de la perpendiculaire, elle fera faire une oſcillation au pendule; auſſi-tôt qu'elle aura échapé de ce plan; la ſeconde cheville de l'autre rangée repo-

ſera ſur l'arc G, (on verra bien-tôt pourquoi la premiere cheville de la ſeconde rangée n'agit point dans ce cas là.)

VII. Le pendule ramenant bien-tôt les bras de l'ancre de F vers G, la même cheville G rencontrera le plan incliné inférieur G, & agira pour la ſeconde vibration; ainſi les chevilles de la premiere rangée aideront toutes les vibrations impaires 1, 3, 5, *&c.* par le moyen du plan incliné ſupérieur *f*, & les chevilles de la ſeconde rangée G K feront les vibrations paires 2, 4, 6, *&c.* par le moyen du plan incliné inférieur G; ainſi la 59e appartiendra à la premiere rangée *f*, & la 60e ſera déterminée par la 31e cheville de la ſeconde rangée, puiſque la premiere n'a eu aucune part au mouvement.

VIII. Avant que la 60e vibration ſe faſſe, & que la 31e cheville K échape, il y aura eu 30 chevilles de la premiere rangée qui auront échapées, ainſi quand la derniere cheville K échapera, la portion de roüe *f* échapera auſſi, & quittera entierement les bras de l'ancre; mais dans ce moment la cheville de la roüe D E C échapera de la courbe *d*, & la cheville ſuivante tombera ſur la courbe de l'autre cylindre D, par conſéquent la portion de roüe K G F ſe trouvera déterminée à revenir ſur ſes pas, & la derniere cheville K qui venoit d'échaper de deſſus le plan incliné G reviendra ſans produire aucun effet dans

ſon retour ; ainſi cette cheville-là eſt ſurnuméraire, & doit être la 31e de cette ſeconde rangée ; mais la 30e cheville qui venoit d'échaper du plan incliné *f*, retombera ſur le repos F, & deſſus le plan incliné F de deſſous, & produira la premiere vibration de la ſeconde minute, ainſi les 30 chevilles qui avoient fait les vibrations impaires, les feront encore & les 30 chevilles de la ſeconde rangée produiront les vibrations paires juſqu'à 58.

IX. A la 60e vibration la cheville de la roüe D E C éhapera de la courbe D ſur *d*, alors la portion de la courbe F G K changeant de direction en un inſtant, & dans le moment que le bras de l'ancre G eſt encore levé, la même cheville qui a produit la 60e vibration en agiſſant ſur le plan incliné *g*, reviendra où elle étoit ſans produire aucune vibration, & ce ſera la premiere cheville de la premiere rangée qui tombera ſur le repos *f*, comme nous l'avons dit, voilà donc la raiſon pour laquelle la premiere cheville de la ſeconde rangée paſſe ſans produire aucun effet : car comme elle vient d'agir ſur le plan incliné *g*, & de repouſſer le bras de l'ancre ; ce bras ſe trouve encore éloigné lorſque la portion de roüe K G F vient à retourner ſur ſes pas & par conſéquent la cheville trouvant le paſſage libre, revient auſſi ſans trouver aucun obſtacle, & ſans faire rien compter.

X. Ce ſeroit la même choſe ſi l'on vouloit mettre les 31 chevilles à la premiere rangée, & les 30 chevilles à la ſeconde; car ſuppoſons que la premiere cheville des 31 de la premiere ait paſſé le bras de l'ancre F ſans agir, & que ce ſoit la premiere cheville de la ſeconde rangée qui agiſſant ſur le plan incliné G, produiſe la premiere vibration, la 30e produira la 59e ſeconde, & la 31e cheville de la premiere rangée échapera de deſſus le plan *f* à la 60e; & à cauſe de la cheville qui échapera auſſi en D, & du changement de direction; la même cheville reviendra ſans rien produire, & ce ſera la 30e cheville de la ſeconde rangée qui en revenant produira la premiere ſeconde; ainſi celle que nous avons appellé la premiere de la ſeconde rangée, produira la 59e ſeconde, & la premiere cheville de la premiere rangée produira la 60e, puiſque la 31e n'a rien produit; alors la portion de roüe venant à changer de direction dans le tems que le bras F de l'ancre eſt encore levé, la premiere cheville de la premiere rangée repaſſera ſous l'ancre ſans rien produire, & la premiere cheville de la ſeconde rangée recommencera la premiere ſeconde dans le même ordre.

XI. On ſent aſſez que l'eſpace qui eſt entre la premiere & la ſeconde rangée eſt néceſſaire pour la chûte de l'échapement D, car il eſt néceſſaire que la portion de roüe K G F puiſſe ſe dégager

entierement des bras de l'ancre; en effet, lorſqu'une cheville de la roüe D E C quitte la courbe *d*, & que la cheville ſuivante vient ſur la courbe D, il faut abſolument une petite liberté pour le paſſage, qui quelque bien ménagée qu'elle ſoit, produit tout au moins après un certain tems une petite chûte de la cheville ſur la courbe D; je ſuppoſe que cette chûte ſoit d'un 6e de ligne, comme la portion de roüe a 6 fois plus de largeur que la courbe D, ce 6e de ligne pour la chûte en D exigera une ligne entiere de mouvement dans la portion de roüe, ce qui ne pourra arriver ſans que la portion de roüe ſorte entierement des bras de l'ancre pour céder d'une ligne entiere à l'impulſion de la roüe D E C; cette chûte eſt fort indifférente.

XII. L'axe A B de la roüe des minutes porte un canon *t r* à frottement dur, ſur lequel eſt fixé quarrément l'éguille des minutes, & qui ſert pour la remettre à l'heure ſans faire couler le roüage.

Ce canon porte une cheville *r* qui à chaque révolution de la roüe leve le détentillon *q* dans le profil, & O X Y ſur le plan; ce détentillon leve une détente W qui eſt toujours dans une entaille du chaperon & qui retient la roüe de ſonnerie par le moyen d'un crochet qui paſſe ſous une des chevilles de la partie poſtérieure du chaperon N O; cette détente étant levée, ce chaperon par la force du poids de la ſonnerie eſt mû de N en *n*, mais

mais les chevilles de la partie antérieure telles que *y* rencontrant bien-tôt le détentillon Y, la roüe eſt arrêtée pendant un eſpace de tems qu'on appelle le délai, juſqu'à ce que le bras du détentillon *q* ait échapé de deſſus la cheville *r*, alors le détentillon revient, le chaperon devenu libre continue de ſe mouvoir de N en *n*, & à lever les marteaux juſqu'à ce que la détente rencontrant une autre entaille *z* où elle puiſſe rentrer, ſe replace dans les chevilles de la face poſtérieure de la roüe, & arrête le mouvement.

Chacune des chevilles du chaperon fait lever le marteau; mais pour modérer ſon mouvement & mettre un certain intervale entre les levées des marteaux, les chevilles de la face poſtérieure de la roüe *y z* tombent ſur deux plans inclinés, ou palettes, fixées à la verge du balancier, l'une au-deſſus de l'autre qui ne laiſſent paſſer qu'une cheville, & par conſéquent un ſeul coup de marteau à chaque ſeconde.

XIII. Le chaperon produit encore un autre effet eſſentiel: parmi les chevilles qui ſont ſur ſa partie antérieure il y en a une à chaque entaille, telle que *v* un peu plus longue que les autres, de façon qu'il en paſſe une à chaque heure ſur l'étoile T R dont elle entraîne un des rayons; le ſautoir qui eſt placé en V T retient l'étoile dans la même ſituation juſqu'à ce qu'une autre cheville vienne de nouveau faire paſſer un rayon de l'é-

toile ; c'eſt elle qui porte l'éguille des heures.

XIV. Pour ce qui eſt de l'éguille des ſecondes M L, elle ne fait pas des révolutions comme les autres, mais étant fixée ſur les cylindres ou ſur les courbes D, *d*, avec la portion de roüe K G F, elle va par conſéquent de L en *l*, tandis que la portion de roüe va de G en K ; l'éguille revient au contraire de *l* vers L, lorſque la portion de roüe revient de G vers F ; l'éguille maintient auſſi l'équilibre.

CHAPITRE XII.

Deſcription d'une groſſe Horloge horiſontale.

I. IL n'y a pas un grand nombre d'années que l'on s'eſt apperçû de l'avantage qu'il y a à placer dans un même plan horiſontal toutes les roües d'une Horloge, au lieu de les mettre les unes ſur les autres dans une cage verticale, (comme on le voit dans toutes les anciennes Horloges) ; de cette maniere on ſupprime la hauteur de la cage, on rend les frottemens moindres, & les engrenages plus conſtans & moins ſujets à varier par l'uſure ; on a des modeles en ce genre dans mes Horloges de la Meûte, du Luxembourg, de Belle-vûe, des Ternes & de l'Hôtel des Fermes &c. dont quelques-unes ſont faites avec tant de ſoin, que le mouvement peut

marcher avec quatre onces de poids.

II. Le chaſſis de cuivre A B C D E F auquel un artiſte d'ailleurs célebre a donné le nom de cercle (R. A. 336.), préciſément parce que c'eſt un quarré, eſt placé horiſontalement, & porte le roüage du mouvement, & celui de la ſonnerie des quarts B C D E, il doit être compoſé de cinq pieces enclavées les unes dans les autres.

III. Le mouvement eſt compoſé de 3 roües, la premiere G H de 80 dents appellée la grande roüe, ſur laquelle eſt porté le cylindre que la corde envelope, & ſur lequel agit le poids moteur de l'Horloge : cette roüe engrenne dans le pignon G de 10 de la roüe moyenne L M qui a 75 dents, celle-ci dans le pignon L de 10 de la roüe d'échapement N qui a 30 dents; le cylindre ou la premiere roüe fait ſon tour en une heure, elle porte ſur l'extrêmité K de ſon axe une roüe qui y tient à frottement dur, mais que l'on peut faire mouvoir pour remettre l'Horloge à l'heure; cette roüe K porte 4 chevilles qui à chaque quart-d'heure levent le détentillon K O fixé ſur l'axe O P qui porte auſſi le bras P Q R.

Ce détentillon leve la détente T T V, par le moyen d'un bras de communication.

IV. Le roüage de la ſonnerie des quarts renfermé dans la portion B C D E de la cage, eſt compoſé de deux roües & un volant; la premiere X X X de 100 dents, porte le cylindre ſur lequel la

corde du poids s'envelope, elle engrenne dans le pignon X de 10 de la seconde roüe, cette roüe Z Z est de 80, & engrenne dans le pignon de 10 qui est sur l'axe du volant & &.

Aussi-tôt que la détente T T V est levée, le collet ou tourteau *u* qui étoit retenu au moyen d'une entaille, par un petit bras *y* qui fait partie de la détente, est dégagé, de même que le crochet V dans lequel le volant étoit aussi retenu, & le rouage se met en mouvement; mais aussitôt que le volant a fait un tour, la piece coudée S rencontre le détentillon Q R qui est levé, & s'arrête pour quelques momens, c'est ce qu'on appelle le délai; quand la cheville de la roüe K, qui tenoit relevé le détentillon K O P Q R l'aura laissé échaper, alors la partie Q R redescendra, la piece coudée S devenue libre, le volant reprendra son mouvement, & la roüe X X qui porte des chevilles de chaque côté 1, 2, 3, 4, 5, levera, en tournant, les extrêmités des queuës des marteaux ou bascules 6, 8, 9, 10, & 7, 12, 13, 14, 16, 17, qui sont mobiles autour des axes 17, 13, & 8, 11, qui portent des bras 9, 10, & 16, 14, pour lever les marteaux. Le chaperon Y qui est porté sur l'axe X Y a 3 entailles, pour la demie, pour les trois quarts, & pour les quatre-quarts : le compteur *s t* qui est fixé quarrément sur l'axe T T *r* de la détente, se termine en crochet, & il appuie sur le chaperon;

dès qu'il rencontre une de ces entailles, il y retombe, & les pieces V *y* de la détente arrêtent le roüage, ainsi le roüage ne peut jamais couler que pendant le tems que durera le passage d'une entaille à l'autre.

La 3e entaille qui répond aux 4 quarts, c'est-à-dire à l'heure, est précédée d'une éminence en forme de mentonet sur le chaperon Y, qui éleve beaucoup la détente *t s* T T avant que de la laisser retomber, de façon que le levier opposé *r q* est abaissé & fait baisser le bras *q p* de la détente *q p o n* mobile sur l'axe *p n*; la détente *o m* est donc élevée à chaque heure, & le collet 22 dont le mentonnet étoit retenu en *m* se dégage.

VI. Le roüage de la sonnerie des heures est renfermé dans un chassis de fer horisontal & rectangle *a b c d*, séparé des deux autres roüages pour plus grande commodité.

Il est composé d'une roüe *f e* de 80 dents; cette roüe porte 8 chevilles, 25, 26, &c. destinées à lever les marteaux, elle est renforcée par une double roüe qui lui est parallele 27, 28, & qui soûtient les chevilles avec la roüe *e f*; la roüe *e f* engrenne dans le pignon *f* de 10 de la seconde roüe qui a 80 dents, la roüe *g* engrenne dans le pignon *h* de 10 qui porte le volant 29, 30, destiné à modérer l'écoulement du roüage; ce roüage toujours sollicité au mouvement par le poids fixé à la corde 32, est retenu

par des mentonnets 22 & 33, fixés ſur la tige du pignon de la ſeconde roüe; & ſur celle du volant.

VII. Auſſi-tôt que la détente ſera levée, la piece *o m* ſortira auſſi de l'entaille du tourteau & de la branche d'arrêt; la ſeconde roüe & le volant ſeront hors de priſe, la roüe *e f* tournera, & ſon pignon 35, la roüe de compte 34 ſur laquelle eſt fixé le chaperon, tournera juſqu'à ce que le bras *l m* de la détente dont l'extrêmité eſt recourbée en forme de crochet, rencontre une autre entaille, dans laquelle il puiſſe retomber, alors le bras *o m* tombant en même tems, arrêtera le volant & la ſeconde roüe par les pieces 33 & 22.

Ainſi la diſtance d'une entaille à l'autre, détermine le nombre de chevilles de la roüe *e f* qui doivent paſſer, c'eſt-à-dire le nombre de fois que la baſcule 18, 19, du marteau doit être levée.

VIII. Comme le bras 20 eſt élevé en même tems que la baſcule 18, 19, il y faut adapter un renvoi pour qu'il puiſſe tirer les marteaux du haut vers le bas, à moins que les timbres ne fuſſent au deſſous du roüage.

IX. Les cylindres de ces 3 roüages ſe remontent chacun par une roüe de remontoir 36, 37, fixée ſur le cylindre, au moyen d'un pignon dont le quarré 38 reçoit une manivelle.

Le cylindre a la liberté de tourner ſans la roüe

des chevilles, en un ſens, c'eſt-à-dire pour le remonter par le moyen d'un cliquet qui l'arrête dans le ſens oppoſé & oblige la roüe à tourner avec le cylindre.

La roüe de compte, dont on vient de parler & qui eſt jointe au chaperon, ne ſe rencontre point dans les Pendules, parce que le chaperon y eſt porté ſur une des roües de la ſonnerie qui fait ſon tour en 12 heures.

X. Cette conſtruction donne l'avantage de pouvoir placer le poids 32 entre la roüe du cylindre & le pignon dans lequel elle engrenne; par ce moyen le poids n'agit preſque pas ſur l'axe ou ſur les pivots du cylindre; mais ſon action principale eſt ſur le point de conduite, c'eſt-à-dire ſur la circonférence du pignon; au contraire ſi les poids étoient placés vers la partie oppoſée de leurs cylindres; les pivots du cylindre ſeroient chargés & du poids entier, & de la réſiſtance qui s'exerce de l'autre côté vers le pignon, laquelle eſt encore preſqu'égale au poids; l'uſure ſera donc ici infiniment moindre ſur les pivots.

Mais l'effet de cette uſure deviendra encore moindre par la diſpoſition des roües à côté de leurs pignons, puiſque les trous pourront devenir plus profonds ſans que l'engrenage ſoit changé.

XI. Les pivots de toutes les roües ſe placent dans des entailles demi-circulaires, recouvertes par

des tenons de cuivre qui s'y mettent à vis, ce qui fournit le moyen de les déplacer les unes ou les autres séparément sans toucher au reste pour les néttoyer, & y mettre de l'huile; on pourroit pratiquer dans la jointure de ces tenons avec les chassis des petits angles creux où les ordures se retireroient & seroient arrêtées par le mouvement du pivot.

XII. M. le Roy qui a beaucoup perfectionné les grosses Horloges, proposoit de placer près du cadran de l'Horloge un mouvement de Pendule à secondes qui n'auroit que la force nécessaire pour conduire les éguilles & pour lever la détente, cette précaution devient moins nécessaire en faisant le mouvement d'une Horloge avec soin, tel que nous venons de le décrire.

Les volans && 29, 30 sont brisés, c'est-à-dire que leurs aîles ou les parties extrêmes peuvent tourner sur des axes 39, sur lesquels elles tiennent à frottement dur; par-là on les incline plus ou moins pour présenter à l'air une surface différente, & faire couler la sonnerie plus vîte, en diminuant la prise & la résistance de l'air; il faut remarquer à ce sujet que le volant accélereroit continuellement sa marche en même tems que le poids suivroit la loi de la chûte des graves, si les chevilles de la roüe en levant les marteaux ne formoient une résistance semblable à celle d'un échapement.

Le

Les éguilles ſont conduites par le moyen d'une petite roüe de renvoi qui engrenne dans la roüe K placée ſur l'axe de la roüe G H; mais dans les cas où le cadran eſt fort éloigné de l'Horloge, on ſe ſert d'une lampe de cardan, c'eſt-à-dire d'un eſpece de genou formé par une croix, dont les deux traverſes ſont chacune le diametre d'un demi cercle mobile; elle peut tourner en tout ſens & ſert à mouvoir les éguilles.

Nous n'avons rien dit de l'échapement dont on voit la roüe en N, on peut voir là deſſus le Traité des échapemens.

CHAPITRE XIII.

Traité des échapemens.

Article Premier.

Diviſion des échapemens en général.

I. L'Échapement d'une Horloge ou d'une Montre, eſt le jeu des parties deſtinées à modérer le mouvement du dernier mobile, & à réprimer ſon accélération.

II. On donne auſſi le nom d'échapement aux pieces même deſtinées à produire cet effet, & ſurtout à celle qui tient au balancier, & qui pour

l'ordinaire oblige les dents de la derniere roüe à paſſer ſucceſſivement & en tems égaux.

III. Le plus ancien que l'on connoiſſe eſt l'échapement à roüe de rencontre ou échapement à verge dont on voit la figure (*Plan. II. Fig.* 13. & 34.) qui d'ailleurs eſt connu de tout le monde; on ignore & ſon auteur, & l'époque de ſa premiere invention, on le voit dans les plus anciennes pieces d'Horlogerie dont on ait trouvé des veſtiges.

Plan. II. Fig. 13. 34.

IV. Les échapemens ſont ou à repos, ou à recul, cette diviſion eſt devenue célébre de nos jours, mais elle n'auroit pas dû l'être; les échapemens à repos ſont ſi ſupérieurs aux autres, que j'ai peine à concevoir qu'on ait pû même les faire entrer en comparaiſon; il s'eſt trouvé cependant encore une perſonne qui a oſé dire que tous les échapemens étoient égaux quant à l'uſage & à la préciſion, je ſuis perſuadé qu'elle ne ſera pas long-tems de cet avis.

V. L'échapement à recul eſt celui dans lequel une des dents de la derniere roüe, ayant imprimé un mouvement trop grand au régulateur, eſt obligé de céder enſuite à la force par laquelle le régulateur revient à ſon état naturel, & par conſéquent de retourner en arriere avant que de pouvoir à ſon tour communiquer un mouvement au balancier; on apperçoit aſſez combien il y a de force de perdue, & combien le double frot-

rement qui se fait à aller & à revenir, cause d'usure & de destruction dans les pieces.

VI. L'échapement à repos est celui dans lequel le régulateur en revenant dans son état naturel, au lieu de trouver une dent qui lui résiste, comme dans le premier cas, ne rencontre qu'un arc de cercle qui lui est concentrique, & sur lequel il se meut sans aucune résistance jusqu'à ce qu'il ait rencontré la dent qui doit lui donner un nouveau mouvement.

Cet arc concentrique s'appelle *l'arc de repos*; parce que tant que le régulateur décrit cet arc, il ne reçoit aucun mouvement du roüage, la force motrice reste sans effet, & n'agit que sur l'axe du balancier, au lieu de s'opposer au mouvement du balancier qui l'obligeroit au recul.

VII. Avant l'application du ressort spiral aux Montres, ou du pendule aux Horloges, le recul étoit absolument nécessaire, en effet le régulateur n'ayant aucune force pour revenir sur lui-même que l'action du roüage, il se seroit toujours arrêté sur les arcs de repos où cette action du roüage est suspendue pour lui.

VIII. Par le moyen des échapemens à recul, le balancier peut se mouvoir sans spiral, mais plus lentement d'une moitié environ, de sorte qu'un balancier dont la pésanteur n'est pas trop grande, doit faire sans spiral 28 ou 29 minutes par heure, ou suivant quelques-uns 30 minutes,

c'eſt-à-dire la moitié du nombre des vibrations qu'il fait avec le ſpiral ; c'eſt ainſi qu'on éprouve communément ſi la péſanteur d'un balancier eſt convenable.

IX. L'échapement à repos diminue les frottemens, il facilite de plus grandes & de plus fréquentes vibrations, ce qui forme un avantage dans les Montres ; on a de plus la commodité d'y mettre de l'huile, au lieu que dans un échapement à recul l'huile ne ſerviroit qu'à rendre les effets plus variables ; ceux-ci ſont privés par là de tout ce qui peut rendre les frottemens plus doux, diminuer l'uſure, & conſerver la liberté du mouvement ; car en général l'on peut dire que le terme de la conſervation des huiles eſt auſſi celui de la juſteſſe d'une Montre.

Comme de tous les échapemens à repos celui de *Graham* a été juſqu'à préſent le plus employé, quelques perſonnes ſe ſont attachées à en prouver l'excellence, ſurtout dans les Montres, ſous le nom d'échapement à cylindre : nous ne ſuivrons point tous ces détails, mais nous l'examinerons ſuccinctement, de même que tous les bons échapemens ; après avoir indiqué les défauts de l'échapement à roüe de rencontre, comme le plus uſité & le plus connu.

ARTICLE SECOND.

De l'échapement à roüe de rencontre.

X. Dans l'échapement à roüe de rencontre, le nombre des dents de la roüe eſt néceſſairement impair, il s'enſuit que chaque dent étant à la partie inférieure comme X (*Plan. II. Fig.* 13.) elle répond à l'intervale de deux dents de la partie ſupérieure B & C; la dent X de la partie inférieure qui va à droite, rencontre la palette A D, lorſque cette palette va vers la gauche en vertu de l'effort qu'elle a reçu du reſſort ſpiral; la dent eſt obligée par conſéquent de reculer vers la gauche pour céder à l'effort de la palette, juſqu'à ce que le balancier ait achevé ſa vibration; alors la palette céde à l'effort de la roüe qui revient vers la droite, & qui la conduit juſqu'à ſon extrêmité, où elle la quitte pour lui laiſſer achever une plus grande vibration; l'étendue de cette vibration doit aller au-delà d'un quart de cercle, au lieu que *l'arc de levée* ou *l'arc conſtant*, c'eſt-à-dire l'arc que décrit la palette pendant qu'elle eſt conduite & pouſſée par la dent, n'eſt que de 20 degrés. Plan. II. Fig. 13.

Auſſi-tôt que la dent X inférieure quitte l'extrêmité D de la palette A D, la dent ſupérieure C rencontre la palette ſupérieure A E qui l'o-

blige de reculer, pour que le balancier puiſſe achever ſa vibration ; ainſi chaque dent rencontre une palette qui la repouſſe & la fait reculer, la dent reprend le deſſus & repouſſe à ſon tour la palette, qu'elle ne quitte que quand la palette inférieure rencontre une des dents inférieures.

XI. L'échapement à roüe de rencontre a de très grands défauts, outre l'extrême difficulté qu'il y a à le bien exécuter ; 1°. Il rend la Montre ſujette à avancer par la moindre augmentation dans la force motrice ; 2°. Il l'expoſe aux variations qui proviennent des ſituations différentes dans leſquelles elle ſe trouve ; 3°. Il cauſe les battemens du balancier contre la couliſſe, ou des palettes contre la potence, dans les mouvemens un peu conſidérables ; 4°. La perte de l'huile du pivot inférieur arrive facilement ; l'huile ſe communique aux dents de la roüe de rencontre à cauſe de leur voiſinage avec le pivot inférieur, comme on le voit en D (*Fig.* 34. *Plan. II.*), elle paſſe de-là aux palettes, & empêche la Montre de ſe regler ; 5°. D'un autre côté la roüe de champ étant pouſſée continuellement vers le bas par la roüe de rencontre, eſt plus ſujette au frottement qu'aucune autre ; d'ailleurs cet engrenage eſt très défectueux, en ce que les tiges ſe croiſant, les roües n'agiſſent point ſuivant leur direction naturelle ; 6°. Le frottement du dedans de la roüe de rencontre eſt beaucoup

Fig. 34. Plan. II.

plus grand que celui du pivot le plus éloigné, ſoit par l'effort de la roüe de champ, ſoit par la réſiſtance des palettes dont il eſt très proche, auſſi voit-on le trou de ce pivot toujours conſidérablement élargi, en forme d'ovale, alongé vers les côtés où la roüe eſt pouſſée par l'effort des palettes.

7°. Le balancier eſt ſujet aux renverſemens, parce que dans les vibrations un peu trop grandes, les palettes allant au de-là de leur ſituation naturelle, ne peuvent plus être ramenées par les dents de la roüe de rencontre, ce qui empêche abſolument qu'on ne puiſſe faire décrire de grands arcs au balancier.

8°. La roüe de rencontre eſt néceſſairement très-petite à cauſe du peu d'eſpace que lui laiſſe la hauteur d'une Montre, ſurtout lorſqu'on veut ménager un tigeron au pivot inférieur de la verge, pour empêcher l'huile de s'étendre juſqu'aux palettes; étant plus petite, elle a par conſéquent plus de force, quoique dans ce point là il ne doive y en avoir que le moins qu'il eſt poſſible, c'eſt-à-dire préciſément la quantité néceſſaire pour reſtituer au balancier ce qu'il perd par les obſtacles qui tendent à diminuer le mouvement, comme le frottement & la réſiſtance de l'air.

9°. La roüe de rencontre doit engrenner toujours également dans les palettes, ſans quoi les arcs décrits par le balancier venant à changer

conſidérablement, la Montre perdroit ſa régularité; elle doit auſſi être parfaitement égale & uniforme, ſans quoi ces inégalités revenant à chaque inſtant, & influant de leur quantité toute entiere ſur les arcs du balancier, elles rendront le mouvement très inégal.

Or, l'une & l'autre de ces conditions ſont également difficiles à remplir avec préciſion, il eſt impoſſible d'ailleurs qu'à la longue, l'engrenage de la roüe de rencontre avec les palettes n'éprouve quelques changemens, & que les dents ne ſoient auſſi altérées plus ou moins.

10°. La rupture du pivot ſupérieur du balancier qui arrive fréquemment, cauſe à la denture un dommage qui eſt ſouvent irréparable.

11°. Les bords des palettes ne peuvent s'écarter de 45 degrés à droite & à gauche, ſans heurter les flancs des dents de la roüe de rencontre, par là elles doivent les creuſer peu-à-peu; d'ailleurs les palettes décrivent 90 degrés de chaque côté, ainſi il y a 45 degrés à droite & à gauche qui ſe font ſur les flancs des dents, & le reſte ſur leurs pointes.

XII. Pour exécuter cet échapement avec le moins de défaut qu'il eſt poſſible, voici les dimenſions que preſcrivoit M. Sully, quoiqu'il n'eut probablement d'autres raiſons qu'une expérience qui eſt toujours douteuſe juſqu'à un certain point.

Il

Il faut faire ſelon lui l'angle des deux palettes de 95 degrés, ou tout au plus de 98; l'inclinaiſon de la partie plane des dents de la roüe de rencontre, par rapport à l'axe de cette roüe, eſt de 25 à 27 degrés, car la partie que l'on fait courbe pour donner plus de ſolidité aux dents, n'ayant aucune action, n'eſt ici d'aucune conſéquence, ſi ce n'eſt qu'elle doit être aſſez dégagée pour laiſſer paſſer la palette.

La diſtance de l'axe de la verge à la pointe des dents de la roüe, eſt, ſelon M. Sully, un cinquiéme de la diſtance d'une pointe de dent à l'autre; la quantité dont les palettes engrennent dans les pointes des dents, deux cinquiémes de cette diſtance, & la longueur des dents deux tiers de cette même ouverture; par ce moyen les dents de la roüe de rencontre agiſſent un moment ſur un levier triple de celui ſur lequel elles agiſſoient l'inſtant d'auparavant, mais cela dans le tems où le ſpiral plus tendu, & le pendule plus élevé a beſoin ce ſemble d'une plus grande force, & où cette force influe le moins ſur l'égalité de ſes vibrations.

XIII. Ce que dit M. Sully dans un Mémoire qui ſe voit à la fin du premier Volume de M. *Thiout*, que l'engrenage ne doit pas être trop profond ni les arcs trop grands, eſt différent des maximes reconnues aujourd'hui de tout le monde; on ne ſauroit guère rendre les arcs trop

grands, & l'on ne peut même regler, avec cet échapement, une Montre qui ne décriroit pas de grands arcs; mais si cet engrenage n'étoit pas assez profond, les vibrations seroient trop petites, & la roüe agissant avec plus de force, il faudroit rendre le balancier trop grand pour lui faire équilibre ; cette grandeur du balancier produit de plus grands frottemens, expose d'avantage les pivots à être rompus, rend la Montre plus sujette à être dérangée par les secousses.

XIV. M. Sully se trompe encore en disant que l'on ne doit pas faire l'angle des dents par rapport à l'axe de la roüe de rencontre, trop grand, de peur de rendre les dents trop foibles; il est au contraire essentiel de les incliner beaucoup afin que les palettes n'agissent jamais que sur les pointes des dents, au lieu que si en les inclinant trop peu, les bords des palettes viennent à porter contre les faces des dents, elles viendront à agir subitement sur un levier beaucoup plus grand, & le balancier sera plus exposé aux inégalités de la force motrice.

XV. L'ouverture des palettes doit être toujours plus grande que 90°, à moins qu'on n'arondisse leur épaisseur par l'extrémité pour que la pointe de la dent puisse porter jusqu'à moitié de la palette ; si l'ouverture étoit moindre, les palettes ne pouvant plus suffisamment engrener, les arcs deviendroient trop petits.

XVI. La méthode uſitée aujourd'hui parmi les Horlogers, conſiſte à voir ſi le balancier parcourt 40 degrés de chaque côté ; pour cela, on diviſe le coq en 9 parties, on fait une marque ſur le balancier, & en conduiſant la roüe de rencontre juſqu'à ce qu'elle échappe de deſſus les palettes, on voit ſi le balancier a parcouru 40 degrés, c'eſt-à-dire une des 9 diviſions du coq, à droite & à gauche, & on n'exige rien de plus, ſur les dimenſions & ſur la figure des palettes ; mais il n'eſt pas aiſé de parvenir du premier coup à remplir cette condition, & cet échapement à la derniere rigueur, eſt auſſi difficile à bien exécuter que les échapemens à repos.

Article Troisiéme.

Examen des différens échapemens de Montres.

XVII. Le premier changement que l'on ait fait à l'échapement ordinaire, a été dans les Montres à piroüette.

Le balancier portoit un pignon au lieu de palettes ; la roüe de champ étoit dans la place où eſt la roüe de rencontre, & engrennoit dans le pignon du balancier ; la roüe de rencontre étoit placée où eſt la roüe de champ, & engrennoit dans des palettes de la roüe de rencontre ; par ce moyen chaque vibration de ces palettes faiſoit

faire plusieurs tours au balancier qui devoit aller 7 ou 8 fois plus vîte que la roüe de champ. M. Hughens en étoit l'auteur de même que du ressort spiral; on jugea que cette méthode étoit moins parfaite que la construction ordinaire : en effet, la vîtesse toujours inégale de ces différens tours du balancier; l'inégalité du ressort dans la chaleur ou l'humidité étoient des obstacles à la perfection de cet échapement.

XVIII. On a trouvé un ancien échapement dans de grosses Horloges d'Allemagne dont on ignore l'Auteur & la premiere époque; il est
Pl. XIII. Fig. 1. représenté (*Plan.* XIII. *Fig.* 1.); il y a deux balanciers E, F, qui sont dentés par leur circonférence, par laquelle ils engrennent l'un dans l'autre; chacun de ces balanciers porte une palette A, B; ces palettes sont poussées alternativement par les dents d'un rochet C D, qui est placé entre les deux balanciers; nous ne parlons ici de cet échapement que parce qu'il est comme la source des échapemens de Montres dont nous allons parler.

XIX. Le docteur Hoock publia, dit M. Sully, en 1675. un échapement fort semblable à celui-là, & il est probable qu'il l'avoit véritablement imaginé; du moins il disoit l'avoir examiné & perfectionné en secret depuis 17 ans; cet échapement avoit deux balanciers qui engrennoient l'un dans l'autre par leurs circonfé-

rences, comme dans la figure premiere ; mais il y avoit une palette sur le milieu de la longueur de chaque verge, une roüe parallele aux deux platines placée entre ces deux verges de balancier, dans l'intérieur de la cage, & qui agissoit d'abord sur une des palettes, ramenoit l'autre nécessairement dans une situation telle que, la roüe échapant de la premiere, elle rencontroit la seconde ; cet échapement avoit la propriété de n'être point troublé dans ses vibrations, par les secousses subites & les mouvemens extraordinaires.

XX. Nous ne savons d'où vient que l'abbé de Haute-feuille, dans un ouvrage publié en 1722, s'attribue l'invention de cet échapement.

Dans le même ouvrage il en propose un autre où il n'y a qu'un balancier, deux roües à rochet, l'une sur l'autre qui tournent en sens contraire, étant conduites par une roüe de champ qui engrenne dans les pignons de toutes deux ; cette complication ne produit pas un grand avantage.

XXI. Comme l'échapement à deux balanciers étoit encore à recul ; M. *du Tertre* voulant en faire un échapement à repos, & y donner son nom, y ajoûta en 1726 une seconde roüe sur le même axe, & parallele à celle qui agissoit sur les deux palettes.

Cette seconde roüe appellée la roüe d'arête, a le même nombre de dents que la premiere,

mais elle a un diametre un peu plus grand, de maniere qu'elle atteint préciſément le centre des axes des deux verges des balanciers, & par conſéquent chacune de ces dents eſt arrêtée par l'épaiſſeur de ces mêmes arcs, & frotte ſur leur circonférence, ce qui fait le repos; ce repos dure pendant la moitié d'une vibration des balanciers; mais comme les arbres de chaque balancier ont d'un côté une entaille juſqu'au centre, & même un peu plus, lorſque le retour des balanciers préſente cette entaille à la roüe, les dents de la roüe d'arête paſſent librement, & alors une dent de la roüe de rencontre tombe ſur une palette, qu'elle écarte juſqu'à ce qu'ayant échapée, la dent ſuivante de la roüe d'arête ſe trouve repoſée ſur l'axe de l'autre balancier; nous appellerons avec M. Sully roüe de rencontre celle qui agit ſur les palettes, quoi qu'improprement, puiſqu'elle n'eſt point taillée de champ & obliquement comme les roües des Montres ordinaires; la roüe de rencontre a ſon diametre plus petit que celui de la roüe d'arête, parce qu'elle ne doit atteindre que les palettes, tandis que la roüe d'arête doit atteindre juſqu'au centre des deux verges des balanciers.

Lorſque la Montre n'eſt point montée, une des dents de la roüe de rencontre ſe trouve néceſſairement appuiée contre l'une ou l'autre des palettes, qu'elle n'a point la force d'écarter;

mais la Montre venant à être montée & le reſſort agiſſant ſur le roüage, cette dent écartera la palette avec d'autant plus de force que ſon rayon eſt plus petit, & celui de la palette plus grand, il conduira cette palette juſqu'à ce que venant à la quitter, la dent de la roüe d'arête vienne frotter ſur la partie convexe de la verge du balancier; ce frottement eſt d'autant moindre que le rayon de la roüe d'arête eſt plus grand, & le diametre de l'arbre plus petit, ce qui fait une très-grande perfection dans cet échapement, outre l'égalité des impulſions qui ſe font ſur des leviers égaux & dans des vibrations ſemblables; il remédie beaucoup aux inégalités de la force motrice, ainſi que tous les échapemens à repos.

M. Sully croyoit encore cet échapement fort ſuſceptible de perfection, & le regardoit cependant déja comme un des meilleurs qui fut connu, mais l'augmentation de deux pivots de balanciers, & d'un engrenage pour les deux balanciers, fait une augmentation de frottement, & un défaut par conſéquent que l'on ne ſauroit ſauver dans la nature de cet échapement, quoique chacun de ces balanciers ſoit plus leger & puiſſe avoir des pivots beaucoup plus fins que dans les Montres ordinaires.

Le moindre changement ou le moindre obſtacle dans le frottement des balanciers, produit

par les ſeules particules hétérogenes dont l'air eſt chargé, influe ſenſiblement ſur la grandeur & la liberté du mouvement, d'ailleurs ces Montres arrêtent quelques fois au doigt, & elles ont beſoin d'être miſes en mouvement après qu'elles ont été remontées, ſi les dents de la roüe d'arête ſe trouvent ſur les repos.

XXII. Au lieu de faire engrenner les balanciers par leur circonférence, on a eſſayé depuis de les rapprocher & de les faire engrenner par deux pignons de 16; il paroît que par cette méthode on doit diminuer beaucoup les frottemens, mais on diminue auſſi, ce ſemble, l'avantage qu'il y a de pouvoir réſiſter aux ſecouſſes & aux mouvemens extraordinaires.

XXIII. Si les machines les plus compliquées étoient auſſi les plus utiles, nous parlerions encore d'une autre addition qu'on a faite à cet échapement : elle conſiſtoit à faire porter les palettes ſur deux doubles rateaux qui par un côté engrenoient l'un dans l'autre, & par l'autre côté chacun dans le pignon d'un balancier, auxquels par conſéquent ils faiſoient faire pluſieurs tours à chaque vibration ; ceci n'ajoûtoit rien aux avantages de l'échapement que l'on a vû *Fig.* 1.

XXIV. En 1727. M. Pierre le Roi publia un échapement qui conſiſtoit en une ſeule palette ſur le balancier, avec une entaille oppoſée & une roüe d'arête comme dans le précédent, de maniere

niere que la moitié des vibrations étoit indépendante du roüage, M. du Tertre en prétendit auſſi l'invention, mais l'Auteur même l'a abandonné depuis.

XXV. M. Thompion, l'un des Reſtaurateurs de l'Horlogerie en Angleterre, propoſa vers l'an 1695, un autre échapement dont la roüe étoit auſſi parallele aux platines; dans cet échapement la verge du balancier porte un cylindre auquel il y a ſeulement une entaille du haut en bas, dans le ſens de l'axe du balancier, les pointes des dents ou rayons de la roüe entrent dans cette entaille, & la pouſſent par ſes bords pour faire vibrer le balancier; auſſi-tôt que la dent qui pouſſe l'entaille en a échapé, la dent ſuivante tombe ſur la circonférence convexe du cylindre comme ſur un repos, ſur lequel elle frotte juſqu'à ce que le balancier étant revenu préſenter l'entaille à la dent ſuivante, celle-ci commence à agir à ſon tour; il ne ſe fait par conſéquent qu'un battement pour deux vibrations du balancier, c'eſt-à-dire l'allée & le retour.

1°. Cet échapement a le défaut de s'arrêter au doigt. 2°. La preſſion continuelle des dents ſur le cylindre & ſur les pivots du balancier augmente le frottement. 3°. Quoi qu'il paroiſſe à repos, il y a cependant un peu de recul, parce que le balancier en ramenant l'entaille qui

tient lieu de palette, vis-à-vis d'une dent, ne peut manquer après avoir rencontré la dent de paſſer encore au-delà, & par conſéquent de la faire reculer quoique d'une aſſez petite quantité.

XXVI. En 1727, M. Flamenville perfectionna cet échapement, en mettant deux tranches cylindriques au lieu d'une, ſur la verge du balancier, avec une roüe de rencontre ou à couronne, ordinaire; chacun de ces deux cylindres a une entaille, les parties ſupérieures & inférieures de la roüe de rencontre agiſſent alternativement ſur chacune de ces entailles, après avoir repoſé ſur la partie convexe du cylindre; cet échapement fut très-accueilli à Londres où on l'exécuta pendant pluſieurs années, mais on étoit fort curieux alors de tous les échapemens qui tendoient à diminuer le recul & les inégalités de la force motrice; on les avoit employé dès les premiers tems du reſſort ſpiral.

XXVII. Vers l'an 1700, M. *Facio* Genevois inventa les rubis percés qu'on a employé depuis très-utilement dans les Montres de prix, pour porter les pivots du balancier qui ſont les plus ſujets aux frottemens. M. de Baufre Horloger François, à Londres, travailloit de concert avec lui; on voit dans quelques-unes de leurs Montres l'échapement que d'autres ont attribué à M. Enderlin, ou du moins un fort ſemblable, compoſé de deux rochets placés ver-

ticalement, qui agiſſoient ſur les bords inclinés ou ſur les tranches obliques d'un demi-cylindre de Diamant, d'Agathe, ou d'Acier, & qui avoient leur repos ſur la baſe ; M. Sully l'a enſuite employé dans ſes Pendules à leviers, en réduiſant les deux rochets à un ſeul, mais ſéparant le cylindre qui porte le repos de celui qui porte le plan d'impulſion, & mettant l'échapement ſur la tige de la roüe de champ, comme dans les Montres à piroüette ; on n'a pas été ſatisfait de la plûpart des Montres où ces échapemens ont été employés ; chacun a cherché à en donner quelque raiſon, peut-être cela ne venoit-il que des défauts d'exécution, quoiqu'il en ſoit M. Sully ſe dégouta alors des échapemens à repos.

XXVIII. Enfin l'échapement de Graham a ſuccedé à tous ceux-là, il parut en France vers l'an 1730, & a toujours été regardé depuis comme le plus parfait ; nous le croirions encore tel ſi nous n'en n'avions un à lui oppoſer, qui lui eſt de beaucoup ſupérieur, comme on le verra dans le Chapitre ſuivant.

ARTICLE QUATRIÉME.

E'chapement de Graham, *ou échapement à cylindre dans les Montres.*

XXIX. L'échapement de *Graham*, eſt com-

Pl. XIII. Fig. 3. posé d'un demi-cylindre creux, A, (*Fig.* 3.) fort mince, dont la ſurface concave & la ſurface conxexe forment les arcs de repos; on en voit le plan dans ſes différentes ſituations B, C, D, Fig. 2. (*Fig.* 2.), ce cylindre n'a point de palettes ni de plans inclinés, mais les dents de la roüe ſont elles-mêmes des plans inclinés qui pouſſent les bords preſque tranchants de ce demi cylindre, pour lui faire commencer ſes vibrations, & qui ſe repoſent enſuite ſur ſa circonférence pendant que ces vibrations s'achévent.

XXX. La pointe de chaque dent B, E, F, doit toujours paſſer par le centre même de la verge & du cylindre, & toutes les pointes des dents doivent être par conſéquent ſur une même circonférence qui paſſe par le centre de cette verge.

XXXI. Pour éviter les battemens & les contrebattemens du cylindre contre les dents, & faciliter la grandeur des vibrations, on a relevé de Fig. 3. champ les plans inclinés G, H, (*Fig.* 3.) des dents de la roüe, & on a échancré le cylindre en K, pour lui donner la liberté de s'engager dans les grandes vibrations, entre les dents, qui ſont un peu iſolées, & plus larges à leur extrémité qu'à leur racine, c'eſt-à-dire à leur inſertion dans la roüe, comme on le voit en I; on met auſſi une cheville L, au bas du cylindre pour prévenir les renverſemens.

On voit dans la Fig. 2, les dents de la roüe d'échapement en M & en N, au moment où elles viennent à quitter les arcs de repos pour agir ſur les lèvres du cylindre qu'elles rencontrent; on voit en E, & en B, des dents en action, c'eſt-à-dire qui pouſſent par leurs plans inclinés le bord du cylindre pour le faire tourner ſur ſon axe, mais elles y doivent agir fort légèrement à cauſe de la grande vîteſſe du balancier; auſſi cet échapement doit-il faire fort peu de bruit, & ſeulement dans la chûte de la roüe ſur les repos, preſque point dans la levée; ce ſeroit un défaut ſi l'on y entendoit un bruit preſque continuel, produit par le frottement de la roüe ſur les tranches cylindriques; on croit qu'un balancier petit & péſant eſt un des moyens néceſſaires pour parvenir à cette perfection.

Dès qu'une dent comme E, ceſſe de pouſſer le cylindre, la dent ſuivante O tombe ſur la circonférence extérieure ou convexe du cylindre, ſur laquelle elle frotte & repoſe juſqu'à ce que le retour du balancier ayant ramené le bord du cylindre contre la dent, elle recommence à agir; de même à la fin de cette action, la dent tombera ſur la circonférence intérieure du cylindre où elle ſe repoſera à ſon tour, comme on le voit en D.

XXXII. Les différentes grandeurs du balancier ſont fort à conſidérer dans cet échapement:

on a obſervé que ſi le balancier eſt trop grand, la Montre retardera par l'augmentation de la force motrice, à cauſe de la grandeur des arcs; mais ſi le balancier eſt trop petit, elle avancera par cette même augmentation de force motrice, parce que le reſſort ſpiral trop foible ne peut vaincre la preſſion de la roüe ſur les arcs de repos, d'où ſuit un engagement dans les vibrations qui n'ont pas le tems de s'achever; il y auroit donc une diſtribution avantageuſe, poſſible, & telle que l'augmentation la plus grande de force, ne produiroit pas plus d'inégalités dans une Montre que dans une Pendule, en faiſant abſtraction des produits de la chaleur, de l'humidité & de la variété des frottemens, qui ſeront toujours plus ſenſibles dans une Montre; il y a cependant d'habiles Horlogers qui recommandent en général les balanciers grands & légers avec de petits ſpiraux.

XXXIII. Cet échapement rend preſque inſenſibles les inégalités de la force motrice, il donne le moyen de ſupprimer la roüe de champ, & de regler la Montre également bien dans toutes ſes poſitions.

Mais, 1°. Cet échapement eſt ſujet à engrener plus ou moins par l'élargiſſement des trous dans leſquels ſont placés les pivots du balancier & de la roüe.

2°. Il eſt beaucoup plus difficile à exécuter

que les autres échapemens, ſur-tout par rapport à la roüe qui doit porter autant de courbes que de dents, dont les courbes décident de la levée du balancier & de la grandeur de ſes arcs; cette roüe ſeule eſt l'ouvrage de trois jours pour un très-habile ouvrier qui ne ſauroit même juſqu'au dernier moment ſe promettre qu'un ouvrage ſi délicat ſortira de ſes mains ſans aucun accident; on y employe pour plus grande ſûreté, du vieux cuivre de chaudiere qui eſt plus ſerré, plus égal, plus doux & moins fragile.

3°. Il eſt plus ſujet aux ſecouſſes & aux mouvemens extraordinaires que celui de du Tertre.

4°. Les deux arcs de repos ſont néceſſairement inégaux, puiſque la ſurface concave eſt toujours plus petite que la ſurface convexe du cylindre; ainſi les frottemens changent d'une vibration à l'autre; il eſt vrai qu'on peut réduire cette inégalité à peu de choſe, mais on ne doit pas auſſi rendre le cylindre trop mince.

5°. Les arcs de repos ſont trop éloignés du centre, & ils ne peuvent en être rapprochés ſans diminuer les longueurs des crochets de chaque dent qui font les arcs de levées, & qui doivent entrer dans le cylindre; cette longueur des arcs de repos produit un frottement fort long, ſur lequel il faut remettre ſouvent de l'huile, au contraire de l'échapement à roüe de rencontre; c'eſt là le principal défaut de cet échapement; ce

frottement produit ſouvent une eſpece de raînure & d'entaille au cylindre, qui devient très-profonde, & qui détruit totalement la bonté de la piece, pour peu que les matieres ſoient défectueuſes, le cylindre trop peu ouvert, ou les arcs des levées trop grands.

6°. On lui reproche auſſi avec raiſon la grandeur des chûtes, qui ſe font lorſqu'une dent paſſe du repos convexe au repos concave; il eſt vrai que la levée & l'impulſion des tranches cylindriques ſe fait dans le paſſage, mais cette impulſion étant fort legere à cauſe de la grande vîteſſe du balancier qui ſe ſouſtrait très-promptement à l'effort de la roüe, la chûte eſt toujours fort grande; ce n'eſt point répondre à cette objection que de dire: » La levée rendue inſenſi-» ble, ne nous permet donc pas de remarquer le » moindre obſtacle dans les oſcillations du ba-» lancier & du reſſort ſpiral, » c'eſt conclure, pour ainſi dire, que cette chûte eſt une perfection.

XXXIV. On diviſe ordinairement la roüe en 13 dents, & on leur donne 20 degrés de levée; l'épaiſſeur du cylindre, c'eſt-à-dire la diſtance de ſa ſurface convexe à ſa ſurface concave, eſt de $\frac{1}{7}$ de la longueur d'un des plans, ou de la portion de la circonférence de la roüe qu'occupe chaque dent.

XXXV. Les courbes de la roüe pourroient être

être distribuées sur leur longueur, de maniere que chaque partie égale de la courbe, opérât des arcs de levées égaux, & les tranches cylindriques aussi terminées par des courbes qui fissent une petite portion de la levée ; mais il est infiniment difficile d'avoir toutes ces sortes d'attentions dans la pratique ; on se contente de faire les dents rectilignes ou droites, à peu de chose près.

XXXVI. Le diametre intérieur du cylindre doit être tel que la longueur d'une des courbes y entre avec très-peu de jeu ; il doit avoir un peu plus que la circonférence d'un demi - cylindre, c'est-à-dire que sa base doit avoir plus de 180° degrés ; on demande aussi que les deux courbes qui le terminent, soient capables de produire un septiéme de la levée, c'est-à-dire environ 3 degrés, indépendamment des arcs de la courbe, si toutes fois il est possible de pousser jusques là la finesse de l'œil & celle de la main.

XXXVII. Il y auroit peut - être de l'avantage à donner au balancier moins de levée ; par exemple 15 degrés de chaque côté seulement, parce qu'on observe que plus l'arc de levée est petit dans un échapement à repos, plus les arcs entiers décrits par le balancier deviennent grands ; or l'étendue des arcs est un avantage aussi grand dans une Montre, que la petitesse de ces mêmes arcs dans une Pendule ; ainsi dans le cas où l'on voudroit diminuer les arcs de levée,

il ſeroit plus commode de terminer toutes les dents par des lignes droites, ou en forme de plans inclinés, rectilignes, que d'y affecter des courbes inutiles dans la ſpéculation, impoſſibles dans la pratique.

ARTICLE CINQUIÉME.

Divers échapemens pour les Horloges & les Pendules.

XXXVIII. L'échapement à roüe de rencontre, a été très-long-tems employé dans les Pendules comme dans les Montres, on ſe contentoit de faire faire aux palettes un angle de 60 degrés environ, au lieu d'un angle droit, afin de faire décrire au pendule de plus petits arcs, mais on ne pouvoit parvenir à les diminuer aſſez en conſervant la nature d'un pareil échapement; on a vû au Chapitre II. les inconvéniens des grands arcs; l'application de la cycloïde aux Pendules, imaginée par M. Hughens, les rendoient à la vérité iſochrones, mais elle étoit toujours trop mal exécutée, & accompagnée d'une ſuſpenſion trop imparfaite pour pouvoir être long-tems en uſage.

XXXIX. On lui ſubſtitua même dans le ſiecle paſſé l'échapement à ancre & à rochet que l'on voit (*Fig.* 4.) l'ancre B A C E, dont la Figure d'ailleurs eſt aſſez arbitraire, doit avoir deux por-

Fig. 4.

tions de courbes, une convexe C E, une concave F D, ſur leſquelles agit ſucceſſivement chaque dent du rochet C ou D, mais dans cet échapement les leviers étant fort courts & inégaux, exigent une force trop grande, & qui ſe conſume en pure perte; d'ailleurs le recul eſt un vice que l'on n'introduira plus dans l'Horlogerie depuis que l'on connoît l'avantage des échapemens à repos; il pourroit cependant encore s'employer dans de bonnes Pendules; cet échapement fut adopté aſſez généralement vers l'an 1680, on l'a attribué à M. G. *Clement* Horloger de Londres; le Docteur *Hook* l'a auſſi revendiqué, & il paroît probable que c'eſt lui qui en eſt l'Auteur; on appella Pendules Royales celles qui furent faites avec cet échapement, preuve de l'admiration que produiſit cette nouvelle découverte.

XL. M. Sully remarqua une fois qu'en doublant le poids moteur d'une Pendule à ancre, elle avoit avancé d'environ une minute par jour, quoique les arcs décrits fuſſent devenus plus grands, & qu'ils dûſſent par conſéquent la faire retarder; il s'enſuit donc que la force du roüage ajoûtoit trop à la gravité naturelle, & accéléroit la chûte & l'aſcenſion du pendule; les oſcillations n'ayant pas le tems de s'achever, & ſe ſuccédant avec trop de rapidité de la part du pendule; mais nous liſons dans les Mémoires de l'A-

cadémie, que M. Saurin l'un des Géomettres de l'Académie Royale des Siences dans des expériences qu'il fit en 1720, avec MM. *le Bon* & *le Roy*, habiles Horlogers, trouva que de deux bonnes Pendules à ancre l'une avançoit en augmentant le poids, & l'autre retardoit, quoique dans toutes les deux, les vibrations fussent devenues plus grandes; il observa aussi que dans la premiere, la courbure de l'ancre étoit telle que l'effort de la dent suivant la perpendiculaire à la courbe, alloit toujours en augmentant, depuis le point D où commence l'action, jusqu'au point *F* où elle finit, parce que les perpendiculaires à cette courbe coupoient les rayons du cercle décrit par l'extrémité de l'ancre en des points de plus en plus éloignés du centre de l'ancre, & de même par rapport à l'arc C E; le contraire s'observoit dans la seconde Pendule.

Ainsi cette augmentation de force produite par le rouage, se trouvoit augmentée ou diminuée suivant les différens leviers auxquels elle étoit appliquée, & elle faisoit parcourir les différens arcs avec plus ou moins de vîtesse, en agissant dans différens points de l'arc que décrit le pendule avec des forces inégales.

XLI. M. Saurin en conclud qu'en donnant à cette courbe la figure d'une développante du cercle, tous les leviers devenant égaux, l'augmentation de poids ne pouvoit plus produire de

variation dans la Pendule, & l'expérience de l'Artiſte juſtifia les réfléxions du Géomettre.

Il remarqua cependant qu'il falloit courber un peu plus les faces de l'ancre à cauſe de la variation continuelle de l'angle de la dent avec les courbes de l'ancre qui rend la force perpendiculaire plus grande vers la fin de l'arc.

On avoit donc par ce moyen un échapement parfait par rapport aux oſcillations du pendule, c'eſt-à-dire tel que la force que le roüage ajoûtoit au mouvement du pendule étoit égale à ce que les oſcillations du pendule perdoient de leur promptitude, c'eſt-à-dire au retardement cauſé par la grandeur des arcs.

XLII. Les échapemens que l'on verra ci-après, ſont encore plus parfaits en ce qu'ils n'ajoûtent au pendule à chaque vibration, que la quantité préciſe de mouvement qu'il perd par le frottement, ou par la réſiſtance de l'air.

XLIII. M. Saurin qui faiſoit ces réfléxions pleines de ſagacité & d'intelligence, s'en ſervit pour montrer dans le même Mémoire (*Mém. Acad.* 1720.) ainſi que M. de la Hire l'avoit fait déja, l'inutilité & les défauts même de la cycloïde dans les Pendules; M. Sully lut auſſi un Mémoire ſur ce ſujet, & il paroît que depuis ce tems elle fut totalement abandonnée.

XLIV. Les échapemens où une roüe faiſant fonction de manivelle, conduit pour ainſi dire

le pendule, ou immédiatement, ou par un renvoy, comme dans celui de M. l'Abbé *Soumille*, ne trouveront pas place ici ; ils ne peuvent ſervir que dans des Horloges de nuit où les chiffres des heures étant éclairés par derrière & percés à jour, viennent ſe préſenter ſucceſſivement à une petite ouverture.

XLV. La Pendule ingénieuſe de M. Hughens dont les oſcillations étoient circulaires ou coniques, & toujours dans le même ſens, avoit de même la propriété de ne faire aucun bruit ; on ne l'a abandonnée qu'à cauſe de quelques difficultés d'exécution, par la même raiſon que tant d'autres inventions admirables dont on ne fait pas uſage dans la ſociété, ſoit parce qu'elles ne répondent pas à quelqu'un de nos beſoins actuels, ſoit parce qu'elles ſont peu connues.

XLVI. M. J. B. du Tertre animé par le ſuccès de ſes deux balanciers dans les Montres, voulut auſſi les transporter aux Horloges à pendule, en plaçant ſur chacun de ſes deux pendules des roües par leſquelles ils engrenoient l'un dans l'autre ; chacun des deux balanciers portoit une palette, & le rochet placé entre deux, agiſſoit ſur la premiere qui en s'écartant ramenoit la ſeconde, & ainſi de ſuite ; mais il ne paroît pas naturel dans ce cas-ci de vouloir corriger les inégalités dont un pendule ſeroit ſuſceptible, en en doublant la cauſe, c'eſt cependant ce qui ar-

riveroit ; car chaque pendule agiſſant avec une très-grande force, ne peut manquer de communiquer à l'autre une partie de ſes variations.

XLVII. On a vû ci-deſſus (*Pag.* 164.) un fort ancien échapement d'Allemagne, compoſé ainſi de deux balanciers, portant chacun une palette, & qui a pû être l'origine de tout ce que l'on a fait de ſemblable : nous trouvons auſſi que ſur la fin du ſiecle paſſé, on préſenta à l'Académie un échapement que l'on nomma *à patte de taupe*, & qui étoit compoſé comme on le voit, (*Fig.* 5.) de deux pignons, ou bien de deux ſegmens de roüe C, D, portant chacun une palette A F, & B G; M. Julien le Roy renouvella cet échapement en 1727, & il y ajoûta une vis E, propre à changer l'inclinaiſon des leviers pour rendre les chûtes égales. Fig. 5.

XLVIII. On réduiſit enſuite ces deux portions de roüe à deux ſeules branches A F, B G, pour former ce qui a été appellé depuis l'échapement *à deux leviers*, & qu'on a prétendu attribuer à M. le Chevalier *de Bethune* ; dans cet échapement chaque palette ou levier d'impulſion eſt une piece ſéparée, mobile autour d'un point fixe ; l'une des palettes B G porte la fourchette dans laquelle paſſe le pendule ; celle-ci ayant reçû en G ſon mouvement du rochet, le communique à l'autre, & l'oblige de deſcendre en F, pour recevoir à ſon tour l'effort des dents du ro-

chet : nous avons plusieurs constructions différentes de cet échapement, de M. *Julien le Roy*, du *P. Thomas Hildeyard* Jésuite à Liége ; de MM. *Maillet de Morlier & Belle-Fontaine* du Comté de Bourgogne, & de M. *Thiout* l'aîné ; mais enfin cet échapement est à recul, & je crois que cela suffit pour s'épargner la peine d'en rechercher d'ailleurs les défauts ; je ne suis pas en cela de l'avis de ceux qui croyent que les échapemens à repos font mal dans les grosses Horloges.

XLIX. On composa en 1727 un autre échapement dans lequel l'on rapprocha cet échapement à levier, & le second de M. du Tertre pour les Montres dont nous avons parlé ; dans cet échapement un des leviers ou une des palettes étant poussée par le rochet, fait baisser un axe cylindrique qui retient une dent du rochet ; le pendule ramenant la palette à la vibration suivante permet à l'axe de se relever & d'abandonner le rochet qui agit de nouveau sur la palette.

L. M. *Thiout* a simplifié cet échapement en mettant sur la fourchette même ou sur le pendule, l'axe dont nous venons de parler, & le levier d'impulsion ; le pendule tourne autour de l'axe qui doit retenir le rochet dès qu'il a échapé, & l'entaille de ce même axe laisse passer le rochet dès que la palette se présente à lui.

M. Thiout y a aussi mis une espece d'ancre, dont un bras portoit un crochet qui devoit retenir

nir le rochet pendant une vibration juſqu'à ce que l'autre bras qui ſervoit de palette vint ſe préſenter de nouveau à l'impulſion du rochet.

Il a auſſi appliqué cet échapement aux Montres ; ces trois échapemens n'agiſſent que de deux en deux vibrations, c'eſt pourquoi on leur préfére toujours ceux dont l'action conſtante revient à chaque vibration, & dont les inégalités ſont par conſéquent reparties ſur toutes les moindres portions du tems.

LI. L'échapement de M. *Vergo* compoſé de deux roües à dents & à chevilles, qui engrennent l'une dans l'autre, deſcendoit aſſez viſiblement de l'échapement à deux balanciers ; il étoit cependant auſſi fort ingénieux, & il a pû donner lieu à tous les bons échapemens qui ſe ſont faits depuis, & dont la plûpart ne différent qu'en apparence, ou du plus au moins comme on va s'en appercevoir. Fig. 7.

Cet échapement conſiſte en une piece preſque triangulaire A B C, fixée ſur la fourchette, concave des deux côtés, placée entre deux rangs de chevilles, & qui céde alternativement aux deux roües.

LII. Il n'y avoit qu'un pas à faire, & cet échapement devenoit un échapement à repos, en faiſant enſorte qu'une portion des deux arcs A B, A C, eut pour centre le point de ſuſpenſion A comme on le voit (*Fig.* 8.) où l'on a Fig. 8.

tranché la piece A B C, de façon que les arcs B D, D C, ayent pour centre le point A, en conſervant le reſte ſous la forme de plans inclinés; c'eſt ſur les portions B D, D C, que ſe repoſe la roüe pendant les excurſions du balancier au-deſſus de l'arc conſtant.

LIII. Encore un moment de réfléxion, & au lieu de faire engrenner les deux roües, comme dans la Fig. 6., on les auroit retournées pour les monter ſur un même axe, & parallelement l'une à l'autre, en plaçant l'ancre entre deux, c'eſt ainſi qu'il eſt pratiqué aux Horloges du Luxembourg, de Belle-vûe & de la Meûte.

LIV. Un peu d'attention devoit ſuffire pour ſentir qu'il y auroit de l'avantage à mettre une roüe entre les deux bras de l'ancre, au lieu d'un ancre entre deux roües, c'eſt ce qu'a pratiqué M. Thiout dans deux échapemens différens où une roüe de champ dentée des deux côtés, c'eſt-à-dire faiſant fonction de deux roües, agit ſur les deux moitiés d'ancres ou ſéparées ou fixées l'une ſur l'autre qui ſe regardent, comme dans la Fig. 4. & auxquelles les Horlogers ont donné le nom d'*ancre* qui eſt fort uſité aujourd'hui dans ce ſens là; il ne s'agiſſoit donc que de retourner les deux pieces de l'ancre A D B, & A D C, (*Fig.* 1.) mobiles autour du point A, & de les faire venir dans les ſituations A E F, A E F, mais un peu écartées l'une de l'autre.

Pl. XIV. Fig. 1.

LV. Après cela il n'y avoit qu'un bien petit changement à faire pour le ſimplifier encore; car en rapprochant les deux moitiés de l'ancre, & rendant l'une un peu plus longue, on pouvoit faire qu'une même roüe taillée en rochet ordinaire, deſcendit alternativement ſur chaque bras de l'ancre, comme l'a fait auſſi M. *Thiout*; mais l'inégalité des deux branches de l'ancre, devenoit un petit défaut dans cette conſtruction, comme dans l'échapement de *Graham*.

LVI. Ces quatre échapemens ne pouvoient guère s'appliquer à des Pendules ordinaires, à moins d'y mettre une roüe de plus, ou de faire oſciller le pendule dans un plan perpendiculaire au cadran, ce qui ne ſe fait que dans de groſſes Horloges ou dans des Pendules placées dans des encoignures d'appartemens.

LVII. Pour ſauver cet inconvénient, on pouvoit comme l'a fait M. *Amant*, retourner ſimplement l'ancre & la mettre dans un plan parallele à celui de la roüe en mettant des chevilles perpendiculaires ſur cette roüe; cette diſpoſition devenoit plus ſimple & plus commode, mais l'échapement de M. Amant avoit encore le défaut des deux repos inégaux.

LVIII. Il valloit donc autant, comme le fameux M. *Graham* l'avoit fait dans l'échapement qui porte encore ſon nom, (*Fig.* 9.) écarter les deux bras de l'ancre, & placer un rochet au Pl. XIII. Fig. 9.

milieu & dans le même plan ; on ne pouvoit pas à la vérité, rendre les deux leviers & les deux repos égaux, puiſque la roüe ſe repoſant d'un côté au-deſſus de l'ancre ſur la partie concave D C, ſe repoſoit deſſous l'ancre, & ſous la partie convexe B E, à l'autre côté ; M. Graham pour y remédier en quelque ſorte, a mis ces deux repos C D, B E, à même diſtance du centre, de maniere qu'ils ſont ſur un ſeul arc B E C D, décrit du point A, comme centre, & que l'un des leviers commence à la même diſtance où l'autre finit ; cet échapement a été univerſellement adopté juſqu'à préſent comme le meilleur de tous, il y manquoit cependant quelque choſe pour être parfait, puiſque le plan d'impulſion qui eſt à gauche s'éleve de la quantité E G, au-deſſus des repos, tandis que celui qui eſt à droite, deſcend de la quantité C F, enſorte que les deux leviers ſont inégaux.

LIX. On eut pû y remédier, en mettant les deux bras de l'ancre du même côté avec deux rochets contigus, & appliqués l'un contre l'autre, enſorte que les dents de l'un répondiſſent aux intervales de l'autre, & que chaque rochet répondit à un des leviers ; il eſt ſurprenant que M. *Graham* ne l'ait pas imaginé ; on va voir cependant dans le Chapitre ſuivant, que je l'ai pratiqué dans un autre genre & d'une maniere encore plus ſimple, en mettant des deux côtés d'une

même roüe, deux rangées de chevilles dont les unes répondent aux intervales des autres.

LX. La génération d'échapemens que je viens de donner, n'eſt pas exactement conforme à l'ordre des tems où chacun de ces échapemens a été imaginé, mais elle peut éclairer beaucoup l'eſprit, en faiſant voir l'enchaînement de toutes ces idées que l'on auroit pû regarder ſans ces conſidérations, comme fort différentes entr'elles; ainſi quelque ſoit le premier de ces échapemens que le haſard ou le génie nous ait procuré, tous les autres ont pû s'enſuivre aſſez naturellement.

LXI. L'échapement de Graham, par exemple, a pû facilement ſe déduire de l'échapement à ancre, il ne s'agiſſoit abſolument que de décrire une portion des deux courbes de l'ancre du point de ſuſpenſion comme centre, pour en faire des repos : on connoiſſoit, il y a plus de 80 ans, l'utilité des repos dans un échapement.

De même l'échapement du Luxembourg (*Fig.* 8.) pouvoit ſe déduire de ceux de M. Thiout, & ceux-ci de l'échapement de *Graham*. Fig. 8.

Le dernier pas qui reſtoit à faire étoit-il le plus difficile? on ſera porté à le croire en voyant cet échapement, retourné de tant de façons différentes, pendant un ſi grand nombre d'années, & par des mains ſi habiles, n'être point parvenu au dernier degré de perfection dont il étoit ſuſceptible.

LXII. L'échapement de *Graham* avoit dans les Montres des repos inégaux ; dans les Pendules des repos égaux, mais des leviers inégaux ; on n'avoit plus à déſirer qu'un échapement applicable aux Montres & aux Pendules dont les repos & les leviers fuſſent égaux dans les deux cas.

Pl. XIV. Fig. I. On va voir dans l'échapement ſuivant, comment je ſuis parvenu à remplir tous ces objets, & à réunir toutes les perfections dont j'ai parlé, par le ſeul retournement de D vers E, de la piece que l'on vient de voir dans l'échapement que j'avois pratiqué à l'Horloge du Luxembourg en 1749, en mettant chacun des deux leviers A E F, ſur une des faces de la roüe, l'un d'un côté, l'autre de l'autre, & deux rangées de chevilles dont les unes répondent aux intervales des autres.

Je renvois à l'Article des Pendules à une roüe, ce qu'il y a à dire ſur les échapemens qui leur ſont propres. Voyez Pages 132, 133, 140.

CHAPITRE XIV.

Deſcription de mon nouvel échapement à repos, inventé au commencement de l'année 1753.

I. NOUS avons parlé dans le Chapitre précédent d'un grand nombre d'échapemens, ſoit pour les Pendules, ſoit pour les Montres, inventés depuis près d'un ſiecle, que l'émulation & le déſir de perfectionner la partie eſſentielle de l'art a ranimé les efforts de tous les Artiſtes intelligens.

On compte autant d'échapemens différens que d'Horlogers célebres, & même bien d'avantage ; M. *Thiout* l'aîné, dans ſon Traité d'Horlogerie imprimé en 1741. en a recueilli 40 dont il a donné des deſcriptions, & depuis ce tems-là on en a imaginé beaucoup d'autres.

II. Cependant malgré cette multitude de tentatives, on ne voyoit guère depuis pluſieurs années que deux échapemens qui euſſent triomphé des injures du tems, & dont l'uſage ſe fut conſervé dans la pratique journaliere des Horlogers ; l'échapement à roüe de rencontre, & l'échapement de *Graham* ; le premier par ſa grande ſimplicité, & par l'empire d'une ancienne habitude, le ſecond par une exactitude beaucoup

plus grande, quoique d'une exécution fort difficile pour les Montres.

III. J'avois ſouhaité depuis long-tems de trouver un échapement qui pût réunir la préciſion dans les effets, & la facilité dans l'exécution ; je n'eſpérois pas cependant d'en trouver un qui pût l'emporter de toutes manieres ſur l'échapement de *Graham* reconnu juſqu'alors pour le meilleur.

Ce fut néanmoins dans ces circonſtances que je trouvai au commencement de l'année 1753, après une infinité de recherches, de tentatives & d'eſſais, l'échapement dont on va voir la deſcription, & qui eſt de beaucoup ſupérieur à tous les autres. M. DE LALANDE, de l'Académie Royale des Siences, & l'un des plus habiles en Horlogerie de tous les Savans qui la compoſent, le vit chez moi, dès le 14 Mai 1753, & il en a rendu un témoignage public, de même qu'un grand nombre d'autres perſonnes éclairées. Quoique je ne préviſſe pas pour lors que l'on pût m'en conteſter l'invention, & que je n'euſſe point envie de me ménager des preuves, je me ſuis trouvé depuis, ſans le ſavoir, en état de convaincre le Public ſavant & déſintéreſſé, de la juſtice de mes prétentions ; cet échapement a été appellé *échapement nouveau* ; il eſt ſans contredit le plus parfait de tous, & il le ſera encore probablement pendant long-tems.

Nous

Nous allons expliquer la nature de cet échapement, & ſes effets ; d'abord pour les Pendules, enſuite pour les Montres ; nous verrons après cela en quoi conſiſtent ſes avantages ſur tous les autres échapemens connus ; enfin nous donnerons, en faveur de ceux qui voudront l'exécuter, ſes dimenſions, & la maniere de s'y prendre dans l'exécution.

ARTICLE PREMIER.

Echapement nouveau pour les Pendules.

IV. La premiere piece de l'échapement eſt un arbre F *f*, dans le profil, placé horiſontalement & portant ſur les deux platines F P, *f p*, de la cage, auxquelles il eſt perpendiculaire, les deux extrémités de cet axe ſe terminent par deux pivots F, *f*, qui tournent avec facilité dans les trous qui les reçoivent. PL. XIV. Fig. 2. 3.

V. Cet arbre porte deux leviers recourbés (*Fig.* 2.) G A *e*, H B *d*, qui y ſont fixés à frottement dur, de maniere qu'on puiſſe les ouvrir plus ou moins, & leur faire faire l'angle qui eſt néceſſaire pour les effets qu'on s'y propoſe. Fig. 2.

VI. Les parties R I L S des leviers, ſont des arcs de cercle dont le centre eſt dans le même plan que la roüe, & ſur l'axe F, mais ils ſe ter-

minent par des plans inclinés I *e*, L *d*.

VII. Le levier G A *e*, paſſe derriere la roüe, tandis que le levier H B *d*, eſt ſur la partie antérieure de la roüe; la roüe porte ſur ſes deux faces, des chevilles perpendiculaires à ſon plan; les chevilles *x*, *y*, *&*, (marquées en blanc,) ſont en devant de la roüe, les chevilles *m*, *n*, placées alternativement avec les autres, ſont à la partie poſtérieure de la même roüe.

VIII. La roüe deſcendant de *u* en *x* par la force du poids, les chevilles de la partie antérieure rencontrent le plan incliné L *d*, & le pouſſent vers B; par ce mouvement là le levier G A *e* qui eſt à l'autre face de la roüe, s'avance ſous la cheville ſuivante; alors la cheville V ayant échapé au point *d*, & le levier continuant à s'éloigner par la force de pulſion imprimée au pendule; la cheville ſuivante *u*, ſe trouve ſur la partie circulaire concave R I qui eſt l'arc de repos.

IX. Les leviers étant ramenés du côté de A par l'oſcillation deſcendante du pendule, la cheville qui frottoit ſur l'arc R I, rencontre bien-tôt le plan I *e* ſur lequel elle agit comme la premiere, mais en ſens contraire, en pouſſant les leviers de *e* en A, juſqu'à ce que la cheville ſuivante vienne ſe trouver ſur l'arc conſtant L S, pour redeſcendre de-là ſur le plan L *d*, & ainſi de ſuite.

X. Comme chaque cheville de la roüe répond à une oſcillation du pendule, il doit y avoir dans les Pendules à ſecondes 60 dents ſur la roüe, dont 30 ſont placées ſur une des faces de la roüe, & les 30 autres dans les intervales des premieres; mais ſur l'autre côté de la roüe, ces dents ſont placées de part & d'autre non pas préciſément ſur une même circonférence, ou à égale diſtance du centre de la roüe, mais les chevilles qui doivent agir ſur le plan I *e*, agiſſant par leur côté intérieur qui eſt le plus près du centre de la roüe, & les chevilles qui pouſſent le plan L *d*, agiſſant au contraire par leur côté extérieur qui eſt le plus éloigné du centre, on a fait enſorte que les côtés intérieurs des chevilles *m*, *n*, & les côtés extérieurs des chevilles *x*, *y*, ſe trouvent préciſément ſur un même cercle, & il faut pour cela placer les chevilles d'une des faces de la roüe, ſur un cercle dont le rayon ſoit moindre de la quantité d'un diametre de la cheville, que le rayon du cercle ſur lequel ſont plantées les chevilles de l'autre face; par ce moyen l'impulſion ſur les deux plans ſe fait exactement à la même diſtance du centre de la roüe, & par un levier toujours égal.

Au reſte quand on négligeroit cette précaution, les chevilles ont trop peu d'épaiſſeur pour que cela pût faire une différence ſenſible dans la force de ces deux impulſions.

XI. Une autre précaution plus néceſſaire que la précédente, c'eſt de diminuer les chûtes en retranchant la moitié des chevilles, comme on le voit dans la figure.

Si les deux chevilles étoient rondes, celle qui ſeroit parvenue à l'extrémité *e* ou *d* du plan, échaperoit auſſi-tôt que ſon centre ſeroit parvenu vis-à-vis de l'angle *d* ou *e*, & avant que l'épaiſſeur entiere de la cheville fut parvenue au-deſſous de *d* ou *e*; or comme l'épaiſſeur entiere du levier I *e* ou *d* L, doit paſſer entre les deux chevilles, & qu'elle n'y peut paſſer que lorſque la cheville entiere ſera au-deſſous de *e* ou de *d*; il s'enſuit que cette cheville deſcendroit encore de la valeur de ſon diametre, après avoir échapé, & par conſéquent la cheville qui eſt au-deſſus, tomberoit de la même quantité; ce ſeroit là une chûte que l'on doit toujours éviter, ſoit à cauſe du trémouſſement & de l'uſure qu'elle produit dans les pieces, ſoit à cauſe de la perte de force qui ſeroit employée inutilement dans le choc.

Or en retranchant la moitié de la cheville, il arrive qu'auſſi-tôt qu'elle a échapé, elle eſt en état de paſſer ſous le levier, & que la cheville ſuivante ſe trouve d'elle-même, & ſans aucune chûte, arrivée ſur l'arc de repos.

XII. Quoique les chevilles ſoient réduites à des moitiés de cylindre, c'eſt toujours leur convexité, c'eſt-à-dire leur partie inférieure qui

frotte sur les arcs de repos, or il ne peut pas y avoir de frottement moindre en surface que celui d'une surface convexe sur une surface plane ; l'huile & les ordures qui s'amasseroient sous la surface d'une dent, & qui contribueroient à user tout autre échapement, ne peuvent se rencontrer sous une cheville aussi mince ; c'est aussi par leur convexité *x*, *m*, *y*, *n*, que les chevilles agissent sur les plans, & elles n'échapent que lorsque l'angle de la cheville est arrivé à l'angle inférieur du plan ; si tous les échapemens à repos avoient eu cet avantage, on n'auroit pas vû d'habiles gens soûtenir qu'on devoit employer des échapemens à recul dans les grosses Horloges, pour éviter le frottement des repos.

XIII. On peut faire les plans d'impulsion I *e*, L *d*, exactement plans, ou leur donner la figure d'un arc de même rayon que la roüe ; on voit en C le centre de l'arc L *d* ; on peut encore rendre leur inclinaison aussi petite qu'on le jugera nécessaire pour faire faire au pendule les plus petites oscillations ; ainsi en ne leur donnant qu'un degré d'inclinaison à chacun, c'est-à-dire faisant l'angle *d* F *l*, pour chaque plan d'impulsion de deux degrés, l'arc constant décrit par le pendule, c'est-à-dire l'arc nécessaire pour faire échaper les chevilles de dessus les plans, sera de deux degrés ; mais il faut nécessairement que le pendule décrive des arcs plus grands des deux cô-

tés à cauſe de la force du roüage.

XIV. Cet échapement réunit donc généralement tous les avantages que l'on avoit déſiré juſqu'à préſent dans un échapement, ſans en avoir aucun défaut.

Les repos ſont parfaitement égaux, & à égales diſtances du centre; le frottement ſur les arcs de repos eſt très-petit; les deux arcs de repos ſont tous les deux concaves, & parcourus avec la même vîteſſe, la même force, la même direction.

Les leviers, par leſquels la roüe agit, ſont égaux auſſi-bien que les plans ſur leſquels elle agit; la pulſion commence à même diſtance du centre, & finit auſſi à même diſtance ſur tous les deux; elle ſe fait avec une même force, & dans le même ſens, c'eſt-à-dire qu'elle tend toujours à éloigner les repos du centre, de maniere que le mouvement ne ſeroit point altéré ni changé par le jeu des deux pivots de l'échapement & de la roüe; c'eſt là ce que j'ai toujours entendu par *leviers naturels*.

ARTICLE SECOND.

Nouvel échapement pour les Montres.

XV. Le même échapement peut s'appliquer aux Montres ſans y faire d'autre changement que

celui des dimenſions de la figure ; que l'on conçoive les arcs S L, R I, rapprochés du centre F, comme *s l*, *i r*, & les plans I *e e*, L *d d*, placés de la même façon par rapport à leurs arcs de repos *s l*, *r i*, que les plans I *e*, L *d* l'étoient par rapport aux repos S L, R I ; ſi l'on fait enſorte que la roüe ſoit placée en D D, P P, & qu'elle paſſe par le centre F, alors les mêmes effets renaîtront dans l'ordre où on vient de les expoſer.

XVI. Mais pour pouvoir donner à la roüe la liberté de paſſer par le centre F, entre les deux leviers ; il faut abſolument les aſſembler par une piece recourbée en forme de manivelle G K H, qui les uniſſe d'une maniere aſſûrée, ſans les ſurcharger. Plan. XV.

Alors la roüe tournant de V en X (N°. 3.) la cheville I par ſa portion extérieure rencontrera le plan ou plutôt l'arc L *d* ainſi que dans la Planche XIV, & le conduira juſqu'au point *p*, où elle échapera ; alors la cheville ſuivante tombera ſur l'arc *r* de repos, comme on le voit (N°. 1.) & elle y frottera juſqu'à ce que la force du reſſort ſpiral ayant ramené le balancier & le plan *i e e*, de K en *q* (N°. 1.) la dent ſuivante rencontre le plan inférieur ſur lequel elle agiſſe à ſon tour, en le ramenant en bas comme on le voit (N°. 2.)

XVII. Cette conſtruction réunit encore toutes les perfections que l'on peut déſirer dans un

échapement : il eſt à repos, & l'on a vû ci-deſſus combien les échapemens à repos ſont préférables aux échapemens à recul, dans leſquels le conflict de deux puiſſances oppoſées qui cédent & l'emportent par des alternatives continuelles l'une ſur l'autre, produit des frottemens inutiles, une deſtruction continuelle, & une perte conſidérable de la force motrice.

XVIII. Les arcs de repos peuvent ſe rapprocher du centre autant qu'on le jugera convenable, puiſque les arcs *s l*, *i r*, pourroient être rapprochés du centre F, juſqu'au point de ne contenir que le diametre d'une cheville qui eſt un fil d'or extrèmement mince, ſi la ſolidité de l'axe du balancier n'exigoit une largeur tant ſoit peu plus grande, c'eſt-à-dire égale à la groſſeur d'une verge ordinaire de balancier.

Le frottement eſt donc auſſi petit qu'il eſt poſſible de l'imaginer, ſur les arcs de repos, il eſt auſſi peu conſidérable ſur les leviers d'impulſion, puiſque la cheville ne les touche preſque que par un point.

On a même l'avantage en rapprochant autant qu'on voudra les arcs de repos, de conſerver les leviers d'une longueur beaucoup plus conſidérable que dans l'échapement de *Graham*, ou dans l'échapement à roüe de rencontre.

XIX. Les deux portions de cylindre qui forment les arcs de repos avec leurs plans, ſe travaillent

travaillent ſéparément, de maniere qu'on peut leur donner la trempe, la forme, & le poli avec la derniere facilité, avant que de les placer ſur la manivelle qui les raſſemble ; par ce moyen l'on peut auſſi les faire croiſer plus ou moins ſuivant que leur grandeur ou leur figure l'exige.

Les chevilles peuvent être faites d'un fil d'or à bas titre, par exemple, à 18 karats ; elles ſeront auſſi dures, & ne ſeront pas ſujettes au verd-de-gris, & à la corruption de l'huile.

XX. Les inégalités qui peuvent ſe trouver dans les diſtances d'une cheville à l'autre, ne peuvent cauſer d'irrégularité, parce qu'elles ne ſont comptables que de l'une à l'autre.

Je ſuppoſe, par exemple que lors qu'on refend une roüe, le *taſſeau* ſur lequel elle eſt fixée ne ſoit pas parfaitement rond ou au centre de la platte forme, les dents ſeront rapprochées du centre dans l'endroit où l'arbre eſt rapproché de la fraiſe, elles ſeront éloignées dans la partie oppoſée, & la roüe ſera en défaut dans tous ſes points ; or dans un échapement qui embraſſe le tiers des dents, les inégalités ſeront ſenſibles à raiſon de ce tiers ; car lorſque la partie de la roüe dans laquelle les dents ſont plus ſerrées, ſe trouvera compriſe dans les bras de l'ancre ; la chûte ſera plus grande à raiſon de l'erreur qui eſt dans toute cette portion, au lieu que dans mon échapement il n'y aura que l'erreur de l'une à l'autre.

XXI. Cet échapement ne ſauroit accrocher ; il n'eſt point ſujet au renverſement, il ſupprime l'engrenage de la roüe de champ que l'on a toujours reconnu pour défectueux, & ſi difficile à bien faire ; il n'exige pas la moitié de la force motrice néceſſaire dans l'échapement à roüe de rencontre ; il diminue donc d'autant les frottemens & les cauſes de deſtruction.

XXII. Les inconvéniens d'une chûte y ſont plus faciles à réparer, car quand il arriveroit que l'un des pivots du balancier ſe caſſât, il ſeroit facile de percer le bout de la manivelle, & d'y rapporter un pivot, auſſi ſolide que le premier ; de plus le roüage dans ce cas là, ne ſauroit couler comme dans les Montres ordinaires où la roüe de rencontre étant dégagée du balancier, elle coule rapidement, & s'émouſſe contre la verge du balancier qu'elle rencontre infailliblement ; la même choſe arrive aux Montres à roüe de rencontre, lorſque la goupille du balancier ſe défait, que le balancier ſe renverſe, & eſt enſuite ramené par le reſſort ſpiral.

XXIII. Cet échapement eſt plus commode dans des Montres demi-plattes, à cauſe de la ſuppreſſion de la roüe de champ & de la roüe de rencontre ; celles qui en tiennent place peuvent ſe diſtribuer à telle diſtance des platines qu'on le ſouhaite ; on peut mettre par conſéquent des tigerons par-tout, & diminuer le reſſort, ſans

perdre la force qui eſt néceſſaire au mouvement.

XXIV. La roüe à chevilles eſt 4 fois plus facile à faire que la roüe de l'échapement de Graham; celle-ci d'ailleurs eſt beaucoup plus expoſée : une dent ſe rompra plus facilement qu'une cheville ne ſortira de ſon trou, & cependant la choſe eſt ſans remede pour la premiere, tandis que la ſeconde n'exige qu'une très-petite réparation.

XXV. Les plans d'impulſion *i q*, *i e e*, I *d*, ſont des arcs de cercle décrits d'un rayon égal à celui de la roüe, afin que les chevilles de la roüe agiſſent ſur ces plans de la même maniere que ſi les plans étoient droits, & que les chevilles euſſent un mouvement en ligne droite.

XXVI. On peut par de ſimples opérations faites avec la regle & le compas, trouver une courbe telle, qu'étant diviſée en parties égales, chacune de ſes parties ſoit levée par les chevilles, de maniere à faire décrire au balancier des arcs égaux en tems égaux.

XXVII. On en pourroit trouver une autre, telle que l'avantage ou l'action de la cheville augmenteroit avec la réſiſtance du reſſort ſpiral, pourvû toutes fois que l'on put connoître la véritable proportion de cette réſiſtance dans les différens degrés de tenſion dont il eſt ſuſceptible; les arcs de cercle que nous employons, ſatisfont à peu près à ces deux conditions, & ſuffi-

ſent pour faire décrire au balancier des arcs de plus de 200 degrés, ce qui eſt au-delà de la quantité néceſſaire dans les meilleurs Montres.

XXVIII. La manivelle qui aſſemble les deux cylindres, a paru à quelques perſonnes un inconvénient dans l'exécution de cet échapement, mais il étoit plus apparent que réel; en effet cette manivelle qui n'eſt qu'une piece d'aſſemblage, n'exige aucun ſoin, aucune délicateſſe; pour que l'axe en ſoit exactement rond, il ſuffit de le conſerver plein juſqu'à ce qu'il ait été tourné, & de le dégager enſuite.

La péſanteur de la manivelle G H, doit être comptée pour rien, parce qu'on a ſoin de mettre le balancier de péſanteur avec ſa verge & ſa manivelle, dans tous les ſens; elle n'augmente point la force centrifuge, puiſque la maſſe & la vîteſſe, le cercle décrit, la grandeur du balancier, ſa péſanteur & la maniere dont ſa maſſe eſt diſtribuée par rapport à ſon volume reſtent les mêmes, & que ce ſont les ſeules choſes d'où dépende la force centrifuge; enfin la réſiſtance de l'air n'eſt point à conſidérer à cet égard, parce qu'en rendant les bords de la manivelle minces & tranchans pour fendre l'air avec plus de facilité, & donnant une petite épaiſſeur aux barettes du balancier qui lui ſont oppoſées, on rendra cette réſiſtance uniforme ſur l'aſſemblage total du balancier, de la manivelle & des cylin-

dres, & ſon effet par conſéquent ne produira aucune irrégularité. Ceux qui ont voulu l'exécuter ſans le ſecours de la manivelle, en faiſant les deux cylindres d'une ſeule piece, ſe ſont mis dans l'impoſſibilité de le bien exécuter.

XXIX. Tous les échapemens connus m'ont conduit à celui-là, en conſidérant les défauts de chacun; celui de *Vergo*; celui de *Graham*; celui de *Thiout*; celui *d'Amant*: il falloit les avoir connus, examinés, retournés, pour en déduire celui que je viens de propoſer; c'étoit par les Pendules qu'il falloit commencer; il eſt aiſé de voir qu'on ne pouvoit l'appliquer aux Montres avant de l'avoir appliqué aux Horloges, & cela ſuffit pour écarter ſans réplique, un homme inconnu qui a prétendu l'avoir découvert dans les Montres, ſans en avoir eu d'idée pour les Pendules.

XXX. Le *R. P. Chardin* membre de l'Académie Royale des Sciences de Caën, a lû dans la derniere Aſſemblée publique de cette Compagnie, un Mémoire ſur les échapemens en général, dans lequel il a montré d'une maniere fort ſavante, les avantages & les propriétés de mon échapement.

L'on peut voir auſſi ſur-tout les deux Lettres que M. *de Lalande*, de l'Académie Royale des Siences de Paris, a inſérées à ce ſujet dans les Mercures *d'Août* 1754, & de *Juillet* 1755.

ARTICLE TROISIÉME.

Maniere de conſtruire cet échapement.

XXXI. La roüe d'échapement pour les Pendules, eſt une ſimple roüe à chevilles V X, (*Plan. XIV. Fig. 2. & 3.*) je ſuppoſe qu'elle eſt en arbrée; on diviſe d'abord la roüe en 60 parties ſur une platte-forme avec une *fraiſe* tranchante qui faſſe 60 traits tels que Y Y, (*Fig. 2.*) on décrit enſuite deux cercles concentriques éloignés l'un de l'autre de l'épaiſſeur que l'on veut donner à une cheville, & avec un foret on perce les 60 trous ſur les interſections des traits Y Y, avec les deux circonférences décrites.

Pl. XIV. Fig. 2. 3.

Fig. 2.

On peut auſſi ajuſter un guide-foret ſur la machine à refendre, par ce moyen on marquera & on percera tout à la fois chaque trou, mais il faut changer alors le guide-foret pour les 30 trous qui ſont ſur une autre circonférence.

Quand les chevilles ſont chaſſées, on en retranche la moitié du côté qui n'agit point ſur les plans & ſur les repos. Au reſte la roüe doit avoir le diametre que l'on donneroit au rochet dans un autre échapement.

XXXII. La longueur des bras G A, H B de l'ancre, eſt arbitraire; ſi on les fait fort longs, on gagne de la force pour l'impulſion, mais en

les faisant courts, on rapproche du centre les arcs de repos, & par conséquent on diminue les frottemens : je leur donne ordinairement la longueur d'un demi-diametre de la roüe.

Les deux pieces ou bras de l'échapement ont la même forme, & peuvent être limés l'un sur l'autre, excepté que la piece G A qui doit être du côté du centre de la roüe, a une partie saillante ou plus épaisse intérieurement du côté de la roüe, comme on le voit en A (*Fig.* 3.) pour passer entre les chevilles, & les recevoir sans que le bras A G puisse les arrêter ; les 2 pieces H B, G A, sont écartées en bas, de l'épaisseur seulement de la roüe, & dans leur partie supérieure, de l'épaisseur de la roüe plus la saillie des chevilles d'un côté. Quand les deux pieces sont forgées, on les monte sur une assiette de cuivre Y qui a un trou quarré vers son centre pour recevoir l'axe de l'échapement ; l'une des deux pieces est rivée sur l'assiette de cuivre ; l'autre y est à frottement dur, pour pouvoir s'ouvrir un peu plus ou un peu moins. Fig. 3.

On détermine par un trait de compas la longueur totale des bras de l'ancre, on les coupe de cette longueur précise, en limant jusqu'au trait que l'on a marqué ; on prend la moitié de l'espace compris entre 2 chevilles déja diminuées de moitié, pour en faire l'épaisseur S *s* ou *l* L ; alors on marque avec un second trait de com-

pas, l'arc intérieur R S, & on le lime de même.

XXXIII. Si l'on veut que la Pendule décrive un arc conſtant de deux degrés de chaque côté, on tirera une ligne F *l*, & une autre F *d*, qui faſſent un angle de deux degrés, & on tirera la ligne L *d*; on en feroit de même pour tout autre angle donné. Si le point de ſuſpenſion étoit donné en F, la longueur des bras de l'ancre ſe trouveroit déterminée par le diametre de la roüe, parce que le milieu *r* de l'épaiſſeur de l'ancre doit répondre au point de contact de la ligne F *r* qui paſſe par les angles des deux chevilles.

Pour le mettre au point où il n'y ait pas de chûte, on l'eſſaye en place, & on le fait échaper avec un peu de gêne avant que de le polir, afin que le poli ne lui rende que le peu de liberté qui lui eſt néceſſaire.

XXXIV. Pour ce qui eſt de l'échapement des Montres, la roüe doit être faite & diviſée comme pour les Pendules; ſon diametre eſt arbitraire, pourvû qu'elle ſoit un peu plus petite que celle qui tient la place de la roüe de champ; les chevilles en place, au nombre de 24 ou 26, ſeront diminuées de moitié, ſi on le juge à propos.

XXXV. Pour former la manivelle & l'axe de l'échapement, on prend un bout d'acier méplat, d'une forme rectangle, qui aye la longueur que l'on veut donner à l'axe de l'échapement

pement F *f* (*Plan. XV.*) & la largeur G K que doit avoir la manivelle, c'eſt-à-dire un peu plus du demi diametre de la roüe. Pl. XV.

On prend auſſi un bout d'acier rond, du diametre *d d f f*, (N°. 2.) pour former les cylindres; la groſſeur des repos *r l* eſt indifférente, on la peut prendre, par exemple, égale à la moitié de la diſtance *x y*, qui eſt entre deux chevilles, ou un peu plus; on prend un foret qui ſoit preſque de cette groſſeur, & on perce le cylindre dans la direction de ſon axe; on en coupe deux bouts pour former les deux pieces d'échapement, on y paſſe un *équarriſſoir* & un *alézoir*, pour rendre le trou bien égal & bien rond ſur toute ſa longueur.

Comme la longueur des leviers ou plans d'impulſion doit être égale à l'eſpace compris entre deux chevilles *x*, *y*, on tourne le cylindre juſqu'à ce que la lèvre du cylindre ou l'épaiſſeur de ſa partie pleine, ſoit égale à la diſtance de deux chevilles.

XXXV. Pour tracer ſur les baſes des deux cylindres les plans ou les courbes d'impulſion *i e*, on trace à part ſur une petite plaque de cuivre la circonférence de la roüe, ſur laquelle ſont placées les chevilles; on y marque les trous des chevilles; on en agrandit un juſqu'à ce que le cylindre puiſſe y entrer; quand le cylindre y eſt entré, on trace ſur ſa baſe avec

un rayon égal à celui de la roüe & des points G qui y ſont marqués, les arcs tels que *i e e*, qui doivent former les plans, & on lime le ſuperflu ; on fait la même choſe pour l'autre arc *i d d*.

On évuide enſuite la piece d'acier deſtinée à former la manivelle ; on conſerve ſeulement l'axe dans toute ſa longueur juſqu'à ce que les pivots ſoient formés, l'axe tourné & prêt à recevoir les cylindres ; on lime la portion que l'on avoit conſervée ; on place les deux cylindres à frottement dur, & on les fait tourner avec la pincette, juſqu'à ce qu'ils faſſent enſemble l'angle néceſſaire ; on connoîtra qu'ils ſont bien placés, lorſque la manivelle étant dirigée vers le centre de la roüe, la cheville répondra exactement à la naiſſance des plans, c'eſt-à-dire à l'angle I ou *i* de ces mêmes plans avec les arcs de repos ; il faut auſſi qu'en conduiſant la manivelle juſqu'à la circonférence de la roüe ; la cheville ſe trouve encore ſur le repos en *o*, pour que dans les mouvemens extraordinaires elle ne vienne pas à le quitter en *o* vers la partie qui eſt oppoſée aux plans.

Il faut encore prendre ſoin que quand une cheville échapera de deſſus un plan, la cheville ſuivante tombe préciſément à l'extrémité *i* du repos, proche de la naiſſance de l'autre plan ; ſans cela la Montre pourroit arrêter *au doigt*,

c'eſt-à-dire que lorſqu'on ſuſpendroit le mouvement du balancier dans le tems où la cheville ſe trouveroit ſur ce repos, il ne recevroit aucun mouvement de la roüe.

On doit auſſi arrondir inſenſiblement les angles I ou *i* que forment les plans avec les arcs de repos, pour adoucir & rendre moins dur le paſſage des repos aux virgules ou palettes ſur leſquelles ſe font les impulſions.

CHAPITRE XV.

Pendule à équation, c'eſt-à-dire, qui marque le tems vrai & le tems moyen, par une ſeule éguille.

I. ON ne ſait point quel eſt le premier qui a imaginé, de nos jours, de mettre dans les Pendules une éguille ou un cadran dont le mouvement ſoit inégal comme celui du Soleil; nous voyons ſeulement qu'en 1699, il y avoit dans le Cabinet de Charles II. Roy d'Eſpagne, une Pendule qui faiſoit la réduction du tems égal à l'apparent; le P. Kréſa Jéſuite qui l'écrivoit en 1715, comme on le voit dans la premiere édition de la regle artificielle du tems, n'en connoiſſoit pas l'Auteur.

Le P. Allexandre propoſa à l'Académie en 1698, une maniere de faire marquer ſeulement

le tems vrai aux Pendules, dont nous parlerons dans le Chapitre XVII.

II. En 1717. M. le Bon & M. le Roy firent les premiers en France, des Pendules pour marquer le tems vrai & le tems moyen; celles de M. le Bon avoient deux cadrans de minutes, concentriques, l'un moblie pour le tems vrai, l'autre fixe pour le tems moyen; le changement de l'équation ſe faiſoit à midi pour le cadran mobile; il y avoit auſſi un cadran mobile pour les heures, & un pour les ſecondes; ceux-ci étoient conduits par le cadran mobile des minutes, & montroient ſous la même éguille les heures & les ſecondes du tems vrai.

III. Ces premieres idées n'ont pas été ſuivies autant qu'elles pouvoient l'être. Les cadrans mobiles peuvent s'appliquer commodément aux Pendules & aux Montres, & je les crois plus utiles que toutes les cadratures d'équation que l'on a imaginées juſqu'à préſent.

Pl. XVI. Fig. 2. 3. Suppoſons le cadran Q R fixé à l'ordinaire; ſur lequel l'éguille des minutes marquera le tems moyen, & un autre cadran intérieur S S qui eſt mobile ſur un point fixé à la platine; ce cadran porte une roüe dentée T T, dans laquelle engrenne le rateau V V; le rateau eſt mobile autour du point X, & le bras M part de quelque point du rateau, pour appuyer ſur la courbe M N N O P; quand le rateau porte ſur la par-

tie la plus élevée de la courbe, comme en M, le 4 Novembre, la partie du cadran mobile qui marquoit 60 minutes en R, retournera en arriere, vis-à-vis du nombre 44 du cadran fixe; par conſéquent, quand l'éguille des minutes y ſera arrivée, elle marquera midi vrai ſur ce cadran, tandis qu'elle ne marquera que 11 heures 44 minutes, ſur le cadran Q R du tems moyen.

IV. La conſtruction de la courbe M N O P eſt fort ſimple; je diviſe un cercle A B en 365 parties & un quart; je prends enſuite un autre cercle C C D D à diſcrétion, ſuivant la grandeur que devra avoir la courbe; ce cercle C D ſert pour le tems moyen, c'eſt-à-dire, que le rateau ſe trouvant appuyé ſur ce cercle; les diviſions du cadran mobile répondent exactement à celles du cadran fixe, & le tems moyen eſt le même que le tems vrai; c'eſt de ce cercle qu'il faut partir pour trouver combien la courbe s'écartera ou au-deſſus, ou au-deſſous. Du centre Y de ce cercle on tirera des lignes telles que Y E, à chacun des points de diviſion qui répondent aux différens jours du mois; on fera enſuite une échelle, plus ou moins longue ſelon qu'on voudra rendre les inégalités de la courbe plus ou moins ſenſibles; j'ai voulu, par exemple, que la courbe eut environ 16 lignes de différence entre ſon plus grand & ſon plus petit rayon, parce que la plus grande différence du tems vrai, tant au-

deſſus qu'au deſſous du tems moyen, eſt de 32 minutes environ ; cela étant poſé, je conſidere chaque rayon de cercle, tel que Y E, qui eſt pour le premier Janvier, & en partant du point G qui eſt ſur le cercle du tems moyen, je prends ſur mon échelle ce qui répond à 4 minutes, équation du tems pour ce jour-là, c'eſt-à-dire, deux lignes; je les porte de G en-dedans du cercle, parce que le tems moyen excede le tems vrai, & je marque un point P; en continuant de marquer un point pour chaque jour du mois, on tirera une ligne courbe par tous ces points, & on aura la courbe cherchée P M N N O.

V. Toutes les fois que la courbe qui fait un tour dans une année, préſentera au talon du rateau, ſa partie la plus rentrante O, ce qui arrivera vers le 10 de Février, le rateau deſcendra, le cadran tournera par conſéquent à droite, & le tems vrai marqué par la même éguille, ſera toujours plus petit que le tems moyen ; le contraire arrivera lorſque la partie la plus élevée de la courbe recevra le talon du rateau; le rateau s'élévera, fera retourner le cadran mobile à gauche, & le tems moyen ſera toujours moindre que le tems vrai.

VI. La courbe eſt portée ſur une roüe de la Pendule, qui fait ſon tour en un an, ou à peu près ; voici des nombres que l'on pourroit employer pour appliquer cette courbe à la Pendule

à ſecondes que nous avons décrite dans le Chapitre II. Pag. 6.

La premiere roüe faiſant ſon tour en 12 jours, on peut placer ſur ſon axe un pignon de 16 aîles, & le faire engrenner dans une roüe de 487 dents, qui ſera la roüe annuelle ; il n'eſt pas néceſſaire que ſa révolution ſoit exactement d'une année ; un jour de différence ne produiroit aucune erreur ſur le cadran, à plus forte raiſon un intervale de 10 minutes. On verra quelque choſe de plus exact dans le Chapitre XX.

VII. On pourroit encore faire enſorte que le cadran du tems vrai parût toujours à la même place, & que les changemens de ſituation ſe fiſſent ſur le cadran du tems moyen, cela ſeroit plus commode, mais plus compliqué.

CHAPITRE XVI.

Deſcription d'une cadrature de Pendule propre à faire marquer le tems vrai & le tems moyen, par deux éguilles de minutes, de la maniere la plus ſimple.

I. CETTE cadrature, inventée il y a quelques années, par M. *Paſſemant*, eſt la plus ſimple que l'on ait vû juſques ici, & en même-tems la plus commode ; elle donne le

tems vrai & le tems moyen par le centre, & il ſuffit de mettre à l'heure l'éguille du tems vrai, pour que celle du tems moyen y ſoit auſſi.

Pl. XVI. Fig. 1. II. La roüe A D (*Plan. XVI. Fig.* 1.) eſt mobile ſur un canon fixé à la platine de la Pendule avec deux vis B, C, à travers lequel paſſe l'axe de la roüe de longue tige, ſans frottement; cette roüe A D ne fait jamais un tour entier, mais elle engrenne ſeulement dans un rateau ſemblable à celui qu'on a vû dans le Chapitre précédent, (*Pag.* 212.) qui eſt élevé ou abaiſſé par la courbe d'équation, & fait faire à la roüe A D un quart de tour, au-deſſus & au-deſſous de ſon état moyen, c'eſt-à-dire, un demi-tour au plus, comme à la roüe T T (*Fig.* 2.) Fig. 2.

III. La roüe A D porte un bras recourbé D E F, à l'extrémité duquel eſt un pignon F de renvoi, qui donne à la roüe I K du tems vrai, ou qui en retranche le mouvement qui répond à l'équation du tems, comme on le dira dans un inſtant.

IV. La roüe de champ G L, eſt à frottement ſur l'arbre de la roüe des minutes du tems moyen, le pignon H qui eſt porté ſur un bras attaché à la platine, engrenne dans cette roüe de champ, il fait tourner la roüe de champ M M, dentée des deux côtés, qui a le même nombre de dents que la roüe L, qui fait par conſéquent auſſi ſon tour en une heure, mais en ſens contraire.

V.

V. La roüe M M fait tourner le pignon de renvoi, & celui-ci engrenne dans la roüe I K qui porte l'éguille des minutes du tems vrai.

On mettra auſſi un petit reſſort entre la roüe de tems vrai I K, & la roüe de tems moyen M M, pour éviter le jeu des engrenages, & la vacillation des deux éguilles.

VI. La roüe I K, porte un pignon N; ce pignon au moyen d'une roüe de renvoi, fait mouvoir la roüe de cadran en 12 heures; cette roüe de cadran roule ſur le canon O: la même roüe I K peut porter les chevilles qui doivent lever la détente de ſonnerie.

VII. Si l'on veut faire marquer les ſecondes à cette Pendule au centre du cadran, il faudra faire marquer le tems moyen par renvoi: pour cela le pignon de la roüe qui fait mouvoir la roüe d'échapement, ſera prolongé au-dehors de la cage pour engrenner dans la roüe L qui eſt à frottement ſur la roüe de champ G H.

La tige du rochet ou de la roüe d'échapement paſſera alors dans le canon attaché ſur la platine en C, B, ſans frotter au-dedans; les roües M M & I K étant ſur le canon; au-devant de ces roües il y aura un pont qui portera un canon par-deſſus lequel tournera l'éguille des heures; alors le pignon ou la petite roüe N doit être ſéparée de la roüe F K, & être en-deçà du pont.

CHAPITRE XVII.

Maniere de faire marquer le tems vrai aux Pendules, par l'addition d'une ſeule roüe.

I. LES Pendules propres à marquer tout à la fois le mouvement moyen, & le mouvement inégal du Soleil, appellées Pendules à équation, ont toujours été des ouvrages fort compliqués; la cadrature de M. Paſſemant que l'on a vû Chap. XVI. la plus récente & la plus ſimple que l'on connoiſſe, eſt encore compoſée de deux pignons & de 3 roües de champ, (dont l'une eſt dentée des 2 côtés) qui ſont conduites par la roüe de longue tige ou grande roüe moyenne avec aſſez de frottement; cette roüe dont l'axe ſe prolonge hors de la cage du mouvement, porte une roüe de champ qui engrenne dans un pignon dont l'axe parallele aux platines, eſt porté par un coq; ce pignon fait tourner une autre roüe de champ égale à la premiere & également nombrée, dont le canon eſt libre ſur l'axe de la premiere; cette roüe qui eſt dentée des deux côtés, engrenne dans un pignon dont l'axe auſſi parallele aux platines, eſt placé ſur un bras recourbé, fixé ſur une roüe qui engrenne dans le rateau conduit par la courbe an-

Pl. XVI. Fig. 1.

nuelle, qui l'éleve ou l'abaiſſe à divers tems de l'année ; ce pignon engrenne enfin dans une autre roüe de champ qui porte l'éguille des minutes du tems vrai ; quant à l'éguille des heures & celle des ſecondes, elles ſuivront le tems vrai ou le tems moyen par le ſecours de deux autres renvois.

II. Cette conſtruction eſt la meilleure que l'on connoiſſe, elle n'a que les défauts communs à toutes les Pendules de tems vrai, & qu'il ſemble qu'on ne ſauroit éviter, mais qui ſont cependant conſidérables.

1°. La roüe des minutes eſt chargée de la conduite de cette ſeconde cadrature, outre la cadrature ordinaire ; ce qui fait un obſtacle conſidérable à ſon mouvement, qui a déja cependant beaucoup moins de force que celui des premieres roües.

2°. Le pignon qui eſt élevé dans certains tems par la roüe annuelle, fait un effort conſidérable accompagné d'un frottement aſſez dur, ſur une roüe de champ qui doit le ſoûtenir d'un côté, pendant que de l'autre il éleve la roüe du tems vrai, deſorte que la roüe des minutes ſoûtient un effort double de celui qui eſt employé à faire mouvoir la roüe du tems vrai.

3°. On ne peut éviter le jeu des éguilles, qu'en faiſant preſſer les pieces les unes contre les autres par des reſſorts, ce qui occaſionne des frottemens encore plus durs.

4°. L'éguille des heures ne ſauroit répondre tout à la fois au tems moyen & au tems vrai, deſorte que ſi elle eſt d'accord avec une des éguilles, elle ne le ſera point avec l'autre.

Tant de défauts dans les Pendules à équation, c'eſt-à-dire qui marquent tout à la fois le tems moyen & le tems vrai, les doivent faire bannir de l'uſage de la ſociété, ſi l'on peut trouver le moyen de faire marquer le tems vrai à des Pendules ſimples, ſans les expoſer aux mêmes inconvéniens; en effet le tems moyen ne doit, ce ſemble, entrer pour rien dans les uſages de la vie, & n'ayant été reçû que par l'impoſſibilité de marquer exactement celui que la nature nous offroit, on ſera porté à l'abandonner dès que l'on pourra commodément s'en paſſer; il ſemble d'ailleurs que nous devions tâcher de ſuivre le plus près qu'il eſt poſſible, le moyen que la nature nous préſente dans les Cadrans Solaires qui ont été dans les tems les plus reculés, & ſont encore preſque la principale regle d'un chacun, dans la diviſion du tems.

IV. Il ne reſteroit donc rien à ſouhaiter à ce ſujet dans la ſociété, ſi toutes les Horloges ſuivoient également le tems vrai, c'eſt-à-dire le mouvement apparent du Soleil, tel qu'il eſt indiqué par les Méridiennes & les Cadrans.

On en viendroit, ce ſemble à bout, en faiſant varier le centre d'oſcillation, ou le centre

de ſuſpenſion du pendule, c'eſt-à-dire, en élevant ou la lentille ſeule, ou la verge entiere du pendule, lorſque la durée du jour vrai eſt moindre que celle du jour moyen, en l'abaiſſant, lorſqu'elle devient plus grande.

Ainſi vers la fin de Décembre, la durée du jour vrai, c'eſt-à-dire, d'un retour du Soleil au Méridien, eſt plus longue de 51 ſecondes de tems que vers le milieu de Septembre; le pendule devroit donc être racourci de $0^{lig.}$ 52, c'eſt-à-dire de plus d'une demie ligne au mois de Septembre.

V. Comme cette inégalité des jours vrais augmente & diminue pluſieurs fois dans l'année d'une maniere fort irréguliere; ce n'eſt que par le moyen d'une courbe qui repréſente toutes ces inégalités que l'on peut les compenſer.

Je ne m'arrêterai point à la premiere méthode que je viens d'indiquer, elle conſiſteroit à placer cette courbe avec un mouvement ou roüage convenable ſur la verge d'un pendule, ou au-dedans de la lentille, pour pouvoir faire remonter, un poids au-dedans au mois de Septembre, & deſcendre enſuite ſuivant les tems, mais cette méthode ſeroit peut-être difficile.

Le P. Allexandre dans ſon *Traité général des Horloges*, *Pag.* 151, avoit propoſé une autre méthode qui ſeroit très-ſuſceptible de perfection; en effet on peut faire varier le point de ſuſ-

penſion d'un pendule, ſoit en élevant plus ou moins la fente qui pince ou contient le reſſort, & qui détermine le centre de ſuſpenſion, ſoit en fixant cette pince, & élevant le pendule lui-même au moyen d'un levier de la premiere ou de la ſeconde eſpece auquel le balancier ſoit ſuſpendu, & dont l'autre extrémité porte ſur une courbe.

Plan. X. Fig. 12. VI. Soit B C un pendule dont la ſuſpenſion à reſſort eſt retenue dans une fente S, enſorte que la longueur du pendule dont dépend le nombre de ſes vibrations ſoit S C; on conçoit facilement que ſi le point S eſt élevé vers B d'une demie ligne, c'eſt-à-dire que le levier A F qui tourne autour du point F, reçoive un mouvement en A par une courbe ondée, aſſez grand pour que le point S s'éleve d'une demie ligne; le pendule S C étant plus long d'autant, il retardera de 50 ſecondes par jour.

Fig. 9. VII. On peut auſſi faire enſorte (*Fig.* 9.) que le point S reſte à la même place, que le pendule ſoit contenu & ſerré en S, tandis que le levier *f a*, ſupportera tout le poids de la lentille, & la levera toute entiere.

VIII. Afin d'avoir à traiter des quantités plus ſenſibles, on peut faire enſorte que le bras du levier de S en F, ou de *u* en *f* ſoit 20 ou 40 fois plus grand que la diſtance de A en S, ou de *a* en *u*, parce moyen le point de ſuſpenſion changera 40

fois moins que le point *a* ou A, & les petites inégalités de la courbe qui agit en A, deviendront insensibles en S, à quoi il faut ajoûter que le levier, dans la fig. 9. ne portera en *u* qu'un quarantiéme du poids de la lentille.

IX. Venons maintenant à la courbe qui doit mouvoir le point A; on peut construire cette courbe beaucoup plus facilement que n'a fait le P. Allexandre, en s'y prenant de la maniere suivante, à peu près comme dans le Chapitre XV.

On divise la circonférence d'un cercle A B en 365 $\frac{1}{4}$ parties; on marque à côté de chacune le jour du mois qui lui répond, & on tire des rayons du centre à chaque point de division; on décrit ensuite un autre cercle C D à proportion de la grandeur que l'on veut donner à la courbe; ce cercle sera le milieu d'où l'on partira pour tracer la courbe, partie au-dehors, & partie au-dedans, suivant que le mouvement vrai du Soleil différera du mouvement égal ou moyen. Par exemple, le premier Janvier, on voit dans la Table du tems moyen au Midi vrai, que le tems moyen va en augmentant de 29 secondes sur le tems vrai, le Soleil retarde donc d'autant; ainsi pour que le pendule ce jour-là suive le Soleil, il faut le faire retarder de 29 secondes, c'est-à-dire l'alonger de $\frac{1}{10}$ de lig. ou plus exactement de 0 lig. 2956; or, comme la courbe qui agit non pas sur le pendule immédiatement, mais 40 Pl. XVI. Fig. 3.

fois plus loin, doit produire 40 fois plus d'effet; c'eſt-à-dire, une deſcente de 11 lig. 824, ou $\frac{824}{1000}$; elle devra deſcendre au-deſſous du point G qui eſt ſur le cercle du moyen mouvement de 11 lig. & $\frac{824}{1000}$; on prendra donc une diſtance G F de 11 lig. 824, & on marquera le point F; lorſque le tems moyen ira en diminuant, on marquera les points au-dehors du cercle C D. Après avoir marqué ainſi 365 points ou ſeulement 183, on aura la courbe ondée L F K H, qui doit conduire l'extrémité A ou *a* des leviers. (*Fig.* 9. *&* 12. *Plan.* X.)

Plan. X. Fig. 9. 12.

X. Au reſte, cette courbe placée ſur une roüe annuelle, peut être conduite, ſoit par le roüage du mouvement, ſoit par la ſonnerie, ſoit par un remontoir lorſqu'on en met dans les pendules.

Cette roüe peut être placée indifféremment dans un plan parallele aux platines, ou perpendiculaire, au milieu ou ſur les côtés, ſur le devant ou ſur le revers; on peut recourber le bras du levier, lui donner la longueur, la figure, la ſituation qui paroîtra la plus commode.

XI. On peut au moyen d'une vis ſans fin, communiquer à une roüe le mouvement le plus lent par le ſecours d'une autre roüe quelconque, ainſi l'on n'eſt jamais embaraſſé à cet égard, pourvû qu'on aie vérifié l'égalité d'une vis ſans fin en lui faiſant conduire une roüe ſur une platte forme diviſée avec ſoin.

XII.

XII. La courbe ou le pignon qui la conduit ſe met à frottement dur, pour pouvoir remettre la courbe ſur chaque jour du mois.

Le point d'appui F ou *f* pourra être rapproché ou éloigné du point de ſuſpenſion, ſi l'on s'apperçoit que la courbe produiſe trop, ou trop peu d'effet, ou bien on fera gliſſer le pendule le long du levier, on le remettra enſuite dans ſon échapement en pliant la fourchette qui le conduit.

XIII. Le jeu des éguilles du tems vrai qui a été juſqu'à préſent un vice dans la nature même de la conſtruction des Pendules à équation, diſparoît ici totalement; on y trouve auſſi l'avantage de faire marquer les heures, les minutes & les ſecondes de tems vrai; ce n'eſt qu'en remontant au principe reglant d'une Horloge que l'on pouvoit commodément en corriger ou en changer ainſi toute la marche.

XIV. Je ne crois pas que les Pendules même aſtronomiques fuſſent altérées par l'application de cette courbe, puiſqu'elle n'empêchera point que le mouvement ne ſoit parfaitement égal pendant pluſieurs jours de ſuite, & qu'il ne change jamais de plus d'une ſeconde dans un jour.

XV. On peut appliquer cette courbe à une groſſe Horloge qu'on eſt obligé de remonter tous les jours, ſans la faire conduire par le mou-

vement ; je mets ordinairement une plaque de fer qui cache le quarré du remontoir du mouvement, de maniere que l'on eſt toujours obligé de l'écarter pour pouvoir placer la manivelle ſur le quarré : en écartant cette plaque on fait entrer un pied de biche qui eſt briſé, entre les dents de la grande roüe, lequel étant appuyé par le moyen d'un gros reſſort, fait effort ſur cette roüe, & tient lieu de poids pendant que l'on remonte l'Horloge ; le même bras qui porte le pied de biche pourra faire paſſer une des 365 dents de la roüe annuelle qui ſera contenue par un valet ou ſautoir, comme l'étoile d'une répétition ordinaire ; c'eſt ainſi que le pendule ſe trouvera chaque jour de la longueur qui lui eſt néceſſaire, pour ſuivre le tems vrai.

XVI. On ſent aſſez que la courbe que je viens de tracer, eſt aſſujettie ; 1°. A la longueur du pendule à ſecondes ; 2°. A la longueur du bras du levier, que je ſuppoſe décrire un eſpace 40 fois plus grand que celui que le pendule doit parcourir ; cette multiplication par 40, rend l'effet plus ſenſible & moins ſujet aux petites inégalités que l'on peut commettre en décrivant cette courbe.

En effet, une erreur de $0^{\text{lig.}}\ 4$, c'eſt-à-dire de preſque une demie ligne ſur la circonférence de la roüe, erreur que l'on peut regarder comme impoſſible, ne produiroit que $\frac{1}{100}$ ſur

le pendule, c'eſt-à-dire une ſeconde d'accélération ou de retard ſur les 24 heures; ſi l'on vouloit ne rendre l'effet que 10 ou 20 fois plus grand, il faudroit tracer une autre courbe en ſuivant la même méthode.

XVII. Le bras du levier qui appuye ſur la courbe, doit toujours être garni d'un rouleau ou d'une poulie qui roule ſur la courbe pour adoucir les frottemens ſur cette courbe, qui ſont aſſez inégaux, quoique d'ailleurs de peu de conſéquence, & pour contenir ce levier dans ſa juſte ſituation.

XVIII. Si une méthode auſſi utile ayant été connue a été abandonnée depuis, on n'en doit rien conclure contre ſon utilité; il y a un très-grand nombre de choſes excellentes qui tombent dans l'oubli par le peu d'uſage que l'on en fait; la plûpart des Horlogers ne connoiſſent preſque qu'une eſpece de Montres & de Pendules, parce que la plûpart des hommes n'ont pas beſoin d'autre choſe; tout le reſte peut leur devenir indifférent, quelque degré de bonté qu'il ait d'ailleurs, mais cela ne nous diſpenſe point de revenir ſouvent ſur les choſes utiles, pour tâcher d'en rétablir ou d'en perfectionner l'uſage.

CHAPITRE XVIII.

Description d'un petit Cadran, par le moyen duquel on peut faire suivre le tems vrai aux Horloges.

I. ON a vû dans le Chapitre précédent la maniere de faire élever le pendule par le moyen d'une courbe que conduit le mouvement; mais si l'on veut se passer de la roüe annuelle & de la courbe, il sera très-facile surtout dans des Horloges que l'on remonte tous les jours, de placer au-dessus de la suspension, un Cadran que l'on tournera tous les jours à la main, & qui produira le même effet.

II. Pour cela, je suppose qu'au-dessus de la pince qui contient le ressort de la suspension, ou au-dessus de la piece qui assemble les couteaux, la verge soit terminée par une vis *b*, (*Fig.* 12.) retenue dans un écrou B, & qu'en tournant cet écrou, on puisse accourcir ou allonger le pendule.

Plan. X. Fig. 12.

III. On n'aura donc qu'à placer sous cet écrou B, un Cadran X *x*, divisé comme on le verra ci après, mettre sur l'écrou une éguille *y* qui marquera de combien il faut tourner l'écrou, & changer la longueur du pendule aux divers jours de l'année, pour lui faire suivre le mouvement du Soleil.

On voit ce Cadran, (*Plan. XVI. Fig.* 4.) il est divisé en 50 parties, & à côté de chacune on a mis au-dehors le nombre de secondes dont le tems vrai s'écarte par jour du tems moyen; à la fin de Décembre, par exemple, le tems vrai retarde chaque jour de 30 secondes sur le tems moyen, ainsi le pendule doit être plus long dans ce tems-là que le pendule du tems moyen; le 15 Septembre au contraire, le tems vrai avance de 21 secondes, & le pendule doit être plus court qu'à la fin de Décembre d'une demie ligne. Pl. XVI. Fig. 4.

IV. On peut donc faire enforte qu'un tour de vis éleve le pendule d'une demie ligne, en faisant une vis qui ait 24 filets dans un pouce, & si l'on place le 25 de Décembre une éguille sur l'écrou au point qui est marqué sur le Cadran, il faudra faire faire à l'éguille un tour entier, enforte qu'elle soit revenue au même point le 15 Septembre suivant.

V. Comme il y a 4 jours dans l'année où la marche du tems vrai est égale à celle du tems moyen, comme on le voit au point marqué d'un zéro; c'est à ce point que devra se trouver l'éguille pour que le pendule ait exactement la longueur du pendule du tems moyen; les jours suivans on observera l'ordre des chiffres du quantiéme.

VI. On apperçoit facilement que les points où on a mis des étoiles, sont ceux où il faut s'ar-

rêter & retourner en arriere, par exemple, l'éguille étant arrivée au 15 Septembre, rencontrera une étoile qui marque qu'elle doit revenir au 8 Octobre ſans paſſer au-delà de l'étoile.

CHAPITRE XIX.

Traité des engrenages, dans lequel on détermine géométriquement la figure la plus avantageuſe pour les dents des roües & pour les aîles des pignons.

Par M. LE FRANÇOIS DE LALANDE, de l'Académie Royale des Sciences &c.

I. LORSQU'ON demande quelle eſt la figure la plus avantageuſe d'une dent de roüe & d'une aîle de pignon pour former *un engrenage parfait*, dans toute la rigueur géométrique, on entend ſous le nom *d'engrenage parfait*, celui qui eſt tel : 1°. Que la force employée par la roüe à conduire le pignon, ſoit la plus petite qu'il eſt poſſible d'employer ; 2°. Que la vîteſſe avec laquelle la roüe conduit le pignon, ſoit auſſi à chaque inſtant la plus grande poſſible, ou que la roüe eſt capable de lui donner ; 3°. Que cette force & cette vîteſſe ſoient conſtament les mêmes depuis le point de rencontre,

juſqu'au moment où la dent abandonne l'aîle; 4°. Que le frottement de cette dent pendant toute la conduite ſoit auſſi le moindre poſſible.

II. Les perſonnes de l'art ont toujours négligé cette préciſion qu'ils ont regardé comme du reſſort de la pure Géométrie, ſoit que ces recherches leur paruſſent trop difficiles pour la pratique, ſoit qu'ils n'en connuſſent pas aſſez l'utilité; on ne ſauroit trop renouveller ce que les Géometres ont toujours penſé à cet égard, & s'efforcer de détruire le préjugé.

III. J'eſpere que la grande facilité avec laquelle on va déterminer les courbes néceſſaires pour un engrenage parfait, au moyen des ſimples élémens de la Géométrie, pourra inſpirer aux Artiſtes jaloux de ſe diſtinguer par la perfection de leurs ouvrages, le déſir d'acquérir le peu de connoiſſance dans la Géométrie que ſuppoſeront les principes ſuivans.

IV. Si la force avec laquelle une roüe conduit un pignon n'eſt pas conſtante & égale, il y aura des cas où la force motrice agira plus que dans d'autres ſur le régulateur, ou ſur le dernier mobile, ce qui cauſera tantôt une accélération & tantôt un retard.

V. Si la force n'eſt pas la moindre poſſible, tout ce qu'on en employera au-delà, ſera en pure perte, & ne ſervira qu'à rendre les frottemens plus rudes, à augmenter l'uſure & la deſtruction

de la machine; cet excès de force ſuperflue peut être extrèmement grand dans des groſſes Horloges : on en a vû qui ne pouvoient marcher qu'avec 1200 livres de poids, au lieu de quelques livres qui auroient dû ſuffire pour lever les détentes & en vaincre les frottemens, ſi les engrenages n'euſſent été défectueux.

VI. Si la vîteſſe avec laquelle le pignon eſt conduit, n'eſt pas uniforme, le même inconvénient arrivera; il y aura des précipitations dans le roüage qui empêcheront l'uniformité du mouvement, & augmenteront la deſtruction de certaines parties.

De l'uniformité de la force, il réſulte uniformité dans les frottemens, qui varient toujours lorſque la force eſt variable.

M. *de Roëmer* fut le premier qui s'apperçût dans le ſiecle paſſé (auſſi bien que M. de la Hire, dans le IX. Tome des Mémoires de l'Académie depuis 1666. juſqu'en 1699. Pag. 415.) de l'uſage que l'on pouvoit faire de la Géométrie dans cette matiere; on lit dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1733, un excellent Mémoire de M. *Camus* ſur cette matiere; M. *le Roy* de la même Académie a démontré quelques-uns des cas de ce Mémoire d'une maniere fort aiſée à entendre, dans le 4e. volume de l'Encyclopédie, par la conſidération des leviers, ainſi qu'avoit fait M. de la Hire, Pag. 411.

411. des anciens Mémoires de l'Académie ; je vais tâcher de rendre ces objets plus ſimples encore s'il eſt poſſible, par l'ordre & les démonſtrations les plus faciles, & en y ajoûtant les détails néceſſaires pour mettre ces mêmes démonſtrations à la portée de tout le monde.

VIII. Ainſi au lieu de commencer par une propoſition générale, mais compliquée, qui ſeroit plus élégante, & qui renfermeroit tous les cas ; je commencerai par le cas le plus ſimple, qui eſt celui d'une roüe qui conduiroit un pignon ou une lanterne dont les fuſeaux ne ſeroient que des lignes infiniment déliées, & cela uniquement en commençant ſur la ligne des centres, & continuant au-delà ; je paſſerai enſuite à des cas plus compoſés.

Pour comprendre la ſuite du diſcours, il faut entendre quelques propriétés des épicycloïdes qui vont être expliquées ſuccinctement.

IX. Si l'on conçoit un cercle A (*Fig.* 1.) rouler ſur une ligne droite C D, ainſi qu'une roüe ſur le pavé, & qu'on choiſiſſe un point quelconque E de ce cercle, on verra que dans le mouvement du cercle, le point E en partant du point C, aura décrit une courbe C E D, appellée *cycloïde* ; *le point décrivant* E, ſera parvenu en D à la fin du mouvement, & la ligne C D ſera égale à la circonférence du cercle A. Pl. XVII. Fig. 1.

Si le même cercle A (*Fig.* 2.) au lieu de Fig. 2.

rouler ſur une ligne droite, roule ſur la circonférence d'un autre cercle C M D, le point décrivant E en partant du point C juſqu'à ce qu'il ſoit arrivé au point D, décrira une autre courbe C E D, plus contournée que la premiere, & que l'on appelle *épicycloïde*.

Fig. 2. X. Si le même cercle générateur *a* A (*Fig.* 2.) au lieu de rouler ſur la circonférence extérieure ou convexe du cercle, ſe meut dans ſa circonférence intérieure de G en H; le point décrivant E qui étoit en G, décrira une autre eſpece d'épicycloïde G E H; il décriroit la même courbe ſi ſon diametre au lieu de s'étendre depuis E juſqu'en T, s'étendoit depuis E juſqu'à la partie oppoſée P de la circonférence.

Fig. 2. XI. Si le cercle générateur (*Fig.* 2.) devient égal en diametre à la moitié du cercle dans lequel il roule, ſa circonférence paſſera toujours par le centre K du cercle qui ſert de baſe, & le point décrivant K parcourra un diametre I K F du même cercle; il eſt facile de s'en aſſûrer par expérience, en faiſant deux cercles de carton, dont l'un ſoit évuidé, & d'un diametre double de l'autre qui roulera au-dedans; mais on peut encore le prouver géométriquement de la maniere ſuivante. Puiſque le diametre du petit cercle eſt la moitié du diametre du grand, ſa demie circonférence K O N ſera égale au quart I N de l'autre cercle; ainſi le point décrivant que je

ſuppoſe en K, ſera arrivé au point I, lorſque le demi cercle K O N aura appliqué ſucceſſivement tous ſes points à ceux de l'arc N I qui lui eſt égal, ainſi le point N parviendra en K, & le point K en I, ſans avoir quitté le demi diametre K I; ſi l'on doutoit cependant encore que le point K du cercle K O N ait été perpétuellement ſur une même ligne droite K I, prenons l'arc N O qui eſt un quart du cercle générateur & N P qui ſoit un huitiéme du cercle qui ſert de baſe; il eſt ſûr que ces deux arcs ſont égaux, & que le point O arrivera en P, mais la ligne O K eſt égale à la ligne P R, puiſque O K eſt la corde de 90 degrés dans le petit cercle, P R la moitié de la corde de 90° dans le grand cercle, & que les moitiés du grand cercle ſont égales aux touts dans le petit; ainſi le point O étant en P, la ligne O K concourra avec la ligne P R, & le point K ſera en R, c'eſt-à-dire encore ſur le diametre F L; on le démontreroit de même dans tous les autres points, donc le point décrivant K du petit cercle, parcourra un diametre du grand.

XII. Reprenons l'épicycloïde de l'Art. IX. (*Fig.* 2.) décrite par le cercle générateur A, roulant ſur le cercle C D, on ſent aſſez que tous les points du cercle générateur s'appliqueront ſucceſſivement ſur autant de points de l'arc C D; par cette application ſucceſſive le cercle Fig. 2.

A parcourrera un arc C D égal à toute ſa circonférence, & le point décrivant tracera ſur ce papier une épicycloïde C E D.

Mais il faut bien obſerver qu'il arrivera préciſément la même choſe, ſi l'on ſuppoſe que le petit cercle A ſoit fixé en l'air par ſon centre S, qu'il ait la liberté de tourner ſeulement ſur ce centre, & que le cercle qui ſert de baſe, tourne auſſi ſur ſon centre K avec le papier ſur lequel la figure eſt tracée, car le centre du cercle A ne changeant point de place tandis que l'arc C D eſt mobile, & fait tourner ſur ſon centre ce cercle générateur, ce ſera la même choſe que lorſque l'arc C D étant fixe, le cercle A étoit mobile, tous les points du cercle générateur ſeront appliqués ſucceſſivement à tous les points correſpondans de l'arc C D, & le point décrivant E du cercle fixé en S, décrira ſur le papier ou plan mobile de la figure, la même épicycloïde qu'il décrivoit ſur le papier fixe, lorſque le cercle étoit mobile; la ſituation reſpective des parties de la figure ſera la même dans les deux cas. Si le cercle K O N au lieu de rouler dans la circonférence du centre N P I, tourne autour du centre V fixe, tandis que le cercle N P I D tournant autour de ſon centre K, entraînera le cercle K O N par ſa circonférence N, le point décrivant décrira la même ligne F I ſur le plan du cercle N P que dans l'Art. XI. Pag. 234.

XIII. C'eſt une propriété eſſentielle de la cycloïde, & de toutes les épicycloïdes, que la ligne tirée du point de contact au point décrivant, eſt toujours perpendiculaire à la cycloïde. C E D (*Fig.* 3.) eſt une portion de cycloïde décrite par le cercle A E D; le point décrivant eſt E; le point de contact, qui change continuellement, ſera en A, lorſque le point décrivant E décrira la petite portion E *e* de la cycloïde, or l'on peut concevoir que dans ce moment-là le cercle A E D tourne d'une très petite quantité ſur le point A, de maniere que la ligne A E, décrit un petit arc E *e* d'un cercle H E G, dont le centre eſt en A, ce cercle ſera confondu avec la cycloïde en E *e*, puiſque l'un & l'autre ſont décrits par le point E, donc la ligne ou le rayon A E qui eſt perpendiculaire à ſon cercle ſera auſſi perpendiculaire à la cycloïde en E; on le démontreroit de même dans tous les points de la cycloïde, & dans toutes les épicycloïdes comme celles de la Figure 2. Fig. 3.

XIV. Après ces notions préliminaires, nous allons paſſer au principe général des démonſtrations, qu'il faut bien concevoir avant que d'aller plus loin.

Que le cercle M K repréſente une roüe qui n'a point de dents, (*Fig.* 4.) & le petit cercle M N un pignon qui n'a point d'aîles; que la roüe conduiſe le pignon par le ſimple con- Fig. 4.

tact de ſa circonférence, de M en N, de maniere que le pignon ſoit obligé de tourner avec la roüe, chacun autour de ſon centre, comme on a vû dans l'Article XII. le cercle A & le cercle C M D de la Fig. 2. il eſt clair qu'alors la circonférence du pignon aura exactement la même vîteſſe que la roüe, puiſque chaque point de la roüe fera paſſer un point du pignon, ce ſera donc la plus grande vîteſſe que la roüe puiſſe donner au pignon, car elle ne ſauroit lui donner une vîteſſe plus grande que la ſienne propre; il eſt ſûr encore que la roüe conduira le pignon avec la plus grande force dont elle eſt capable, car elle agira par un levier C M égal à ſon rayon, de façon que la puiſſance qui ſeroit appliquée en Z pour faire tourner le pignon par le moyen de la roüe, ne ſauroit agir ſur le point M par un levier plus court, d'ailleurs elle agira ſuivant la direction M Q perpendiculaire au levier ou rayon P M du pignon, & il n'y a pas de direction plus favorable que la direction perpendiculaire.

Dans la ſuppoſition que nous venons de faire du mouvement de la roüe & du pignon, il n'y a point de frottement, parce que la roüe & le pignon ne ſe touchent que dans un point, & que le même point de la roüe ne parcourt pas différens points du pignon, ce qui ſeroit néceſſaire pour qu'il y eût frottement; ou s'il y en a, il eſt le plus petit qui ſoit poſſible, parce que

le moindre frottement eſt celui d'une ſurface frottante dont la direction eſt parallele à celle ſur laquelle elle frotte, or la direction du mouvement de la roüe qui ſe fait ſuivant la tangente M Q, eſt la même que la direction du pignon; la force frottante eſt auſſi la plus petite qui ſoit poſſible, puiſqu'une roüe qui doit agir toujours par ſa circonférence, ne peut agir que par ſon rayon, & toujours perpendiculairement à la ligne des centres.

XV. Nous aurons donc ſatisfait à toutes les conditions de l'engrenage le plus parfait ſi nous pouvons donner des dents à la roüe M K, & des aîles au pignon M N, telles que lorſque les dents de la roüe agiront ſur les aîles du pignon, la force, la vîteſſe & la direction de la roüe & du pignon en M, reſtent les mêmes qu'elles étoient dans le cas que nous venons de ſuppoſer où l'action ſe faiſoit au point de contact M.

XVI. Pour remplir cet objet, je regarde d'abord un des rayons P T comme une aîle du pignon; par le point d'atouchement M des deux circonférences, je lui tire une perpendiculaire R M S; du centre C de la roüe je tire C R, & une ligne C S perpendiculaire ſur la ligne R M S, je vais prouver que l'action du rayon C R pour conduire le point R du pignon, ſera la même que l'action du point M dans le cas de l'Article XIV. pour conduire le rayon P M.

XVII. Si la puiſſance Z au lieu d'agir par un bras de levier C M ſur le point M, agiſſoit par un levier C V qui fut la moitié de C M, elle auroit le double d'avantage ; mais ſi cet avantage double étoit appliqué au point X du pignon tel que P X, fut la moitié de P M, comme il y auroit au point X la moitié moins de force pour lever le poids Y, les choſes reſteroient dans le même état, & la puiſſance agiroit avec la même force qu'auparavant ſur le poids Y.

Il en ſeroit de même de la vîteſſe ; la puiſſance Z ne donneroit au point V que la moitié de ſa vîteſſe, mais cette moitié de vîteſſe appliquée au point X, produiroit une vîteſſe double ſur le point M, ainſi la vîteſſe ſeroit encore la même que dans le cas de l'Article XIV.

Il en ſera de même ſi l'on retranche le quart ou une partie quelconque du rayon M C de la roüe, pourvû qu'on ôte le quart ou une partie ſemblable du rayon P M, parce que tant qu'il y aura le même rapport entre le levier C V ou C M par lequel agit la puiſſance, & le levier P X ou P M par lequel réſiſte le poids Y ou le pignon, la force & la vîteſſe ſeront toujours les mêmes que dans l'Article XIV.

XVIII. Dans le cas où la roüe agit ſur le point R du rayon P R, la ligne R M S étant perpendiculaire ſur P R & ſur C S, C S eſt le levier par lequel agit la roüe ; & P R eſt le levier par

par lequel réſiſtera le pignon, car que la force qui pouſſe le pignon ſoit placée en R, en M, en S, elle produira toujours le même effet; il n'y a que la diſtance C S au centre de la roüe qui décide de ſon effort ſur le pignon.

Toutes les fois que la ligne de direction R M S paſſera par le contact M du pignon primitif, & de la roüe primitive; la ligne C S & la ligne P R ſeront dans le même rapport que C M & P M, car les triangles C M S, P M R, ſeront ſemblables, puiſque l'angle S M C eſt égal à l'angle P M R qui lui eſt oppoſé par la pointe, & que les angles en S & en R ſont droits; ainſi les deux triangles étant ſemblables, leurs côtés homologues ſeront proportionnels, & on aura C M eſt à P M, comme M S eſt à M R; il y aura donc entre le levier d'action C S, & le levier de réſiſtance P R, le même rapport qu'entre C M & P M; il y aura donc une force & une vîteſſe égales à celles que l'on avoit, Article XIV. lorſque la roüe entraînoit le pignon par ſa circonférence en M.

XIX. Voici donc une propoſition générale, & qui ſervira de fondement à tout ce que nous allons dire. Toutes les fois que la ligne M R tirée du point de contact des deux circonférences perpendiculairement ſur l'aîle du pignon, paſſera au point R par où l'aîle ſera menée, le pignon étant conduit par ce point-là, recevra de la

roüe la même force & la même vîteſſe que s'il eut été entraîné par le point M, c'eſt-à-dire que ſa vîteſſe & ſa force ſeront les plus grandes poſſibles ; ainſi toutes les fois que l'aîle d'un pignon ſera conduite par la dent d'une roüe, il faudra que la ligne tirée du point de contact des deux circonférences au point de conduite, ou d'attouchement de l'aîle & de la dent, ſoit perpendiculaire ſur l'aîle & ſur la dent.

XX. Pour appliquer ce principe au pignon qui ſeroit compoſé de fuſeaux infiniment déliés, tels que les points A, B, C, D, (*Fig.* 5.) il faut ſe rappeller que la roüe primitive M C, entraînant le pignon primitif M D par ſa circonférence, un point D pris ſur la circonférence de ce pignon, décrira une épicycloïde C D E Art. XII. & que c'eſt une propriété eſſentielle de cette épicycloïde que la ligne M D tirée du point de contact M au point décrivant D, ſoit toujours perpendiculaire à la courbe, Art. XIII. donc ſi l'on fait une dent qui ait la figure de la courbe C E ; elle conduira le point D ſuivant la condition de l'Article précédent, c'eſt-à-dire que la ligne tirée du point de contact M au point de conduite, ſera toujours perpendiculaire à l'aîle & à la dent.

Fig. 5.

XXI. Il eſt indifférent que la dent C E agiſſe ſeule ſur la cheville ou ſur le fuſeau D, ou qu'il y ait en même-tems pluſieurs dents qui agiſſent

ſur pluſieurs chevilles, car chacune ſupportera une partie de l'effort qui auroit été réuni ſur une ſeule, & le total de l'action de la roüe ſera le même qu'auparavant.

XXII. Je viens maintenant à un autre cas qui eſt un peu plus compliqué, mais qui eſt auſſi plus utile dans l'uſage, & que l'on devroit employer preſque toujours, à cauſe de la facilité qu'il procure dans la pratique. Je ſuppoſe que l'aîle du pignon C D ſoit un plan rectiligne qui paſſe par le centre C du pignon, repréſenté par la ligne C D (*Fig. 6.*) il s'agit de déterminer la dent H D O qui doit conduire l'aîle C D, ſuivant les loix de l'engrenage parfait. Fig. 6.

On décrira un cercle C *d* D M dont le rayon ſoit la moitié de celui du pignon primitif, & on imaginera ce cercle mobile autour du point O qui eſt ſon centre, enſorte que la circonférence de la roüe primitive M H entraîne tout à la fois la circonférence du pignon qui tourne ſur le point C, & la circonférence du petit cercle C *d* D M qui tourne ſur le point O, ou que le petit cercle ſoit entraîné par le pignon, ce qui revient au même; lorſque la roüe aura décrit l'arc M H, le pignon primitif aura décrit l'arc M V qui eſt préciſément de la même longueur que M H, & le petit cercle aura décrit l'arc M D qui eſt auſſi égal à l'arc M H, puiſque chaque point de la roüe a été appliqué à chaque point correſ-

pondant du pignon & du petit cercle, & qu'il a paſſé autant de l'un que de l'autre.

Dans ce mouvement du petit cercle autour du centre O, le point D du petit cercle décrira ſur le plan de la roüe une épicycloïde H D O, Art. XII. & comme il roule auſſi dans le pignon, il décrira ſur la ſurface du pignon une ligne droite C D; or la ligne M D tirée du point de contact M des deux circonférences, eſt perpendiculaire ſur l'épicycloïde H D O, Art. XIII. la même ligne M D eſt perpendiculaire ſur C D, car l'angle M D C étant formé dans un demi-cercle M D *d* C, eſt néceſſairement droit; ainſi la ligne tirée du point de contact M des deux circonférences primitives au point décrivant D, ou contact de l'aîle & de la dent, ſera tout à la fois perpendiculaire à l'aîle & à la dent, ce qui ſatisfait aux conditions demandées; on a donc cette propoſition générale: *Si l'aîle d'un pignon eſt un plan rectiligne dirigé vers le centre, la dent de la roüe qui doit conduire ce pignon, en ne prenant que dans la ligne des centres, doit être une épicycloïde engendrée par la rotation d'un cercle dont le diametre ſoit la moitié de celui du pignon, ſur la circonférence extérieure de la roüe.*

XXIII. Nous ſommes en état maintenant de paſſer à une propoſition plus générale, & de démontrer que l'engrenage aura toujours les conditions requiſes, ſi l'aîle & la dent ſont engen-

drées par la révolution d'un même cercle générateur, roulant au-dedans du pignon primitif, pour décrire l'aîle, & ſur l'extérieur de la roüe, pour décrire la dent; on peut remarquer que cette condition a déja eu lieu dans les Art. XX. & XXII. car dans le premier cas, Art. XX. le pignon lui-même a roulé ſur la roüe pour décrire la dent, & pour décrire l'aîle qui n'étoit qu'un point, il n'a pû rouler au-dedans de lui-même que d'une quantité infiniment petite, c'eſt-à-dire point du tout.

Dans le ſecond cas, Art. XXII. le même cercle a roulé dans l'intérieur du pignon pour y décrire une ligne droite, que nous ſuppoſions être l'aîle du pignon, & il a roulé auſſi ſur la circonférence de la roüe pour y décrire la dent.

XXIV. Prenons donc un cercle quelconque D M C (*Fig.* 7.) qui ſoit plus petit que le pignon A M E, & dont le centre F ſoit toujours fixé ſur la ligne des centres F M; le pignon tournant de M vers A, & la roüe de M vers B, entraîneront le cercle générateur & le point décrivant de M vers D; alors le point D décrira une épicycloïde A D G ſur la ſurface du pignon, & une autre épicycloïde B D H ſur le plan de la roüe, Art. XII. ces deux épicycloïdes ſe toucheront toujours en un point D, puiſque le point décrivant engendre l'une & l'autre en même-tems; la ligne M D tirée du point Fig. 7.

de contact M au point D, ſera toujours perpendiculaire à l'une & à l'autre, Art. XIII. puiſque la ligne M D décrira dans chaque inſtant infiniment petit, un arc de cercle dont le centre ſera M, & qui fera une portion infiniment petite de chacune des courbes A D G, B D H; ainſi en donnant à l'aîle du pignon la courbure A D G, & à la dent de la roüe la figure B D H; on aura rempli toutes les conditions de l'engrenage parfait, qui ſe réduiſent Art. XIX. à ce que la ligne tirée du point de contact au point de conduite, ſoit toujours perpendiculaire à l'aîle & à la dent.

XXV. Comme il eſt avantageux que l'aîle du pignon ſoit convexe auſſi bien que la dent; il faudra que le cercle générateur ſoit d'un diametre plus grand que le rayon du pignon, afin que l'aîle ſoit convexe du côté de la roüe, comme on le voit dans la Fig. 8. où M B eſt la roüe, M A le pignon, M D le cercle qui a décrit ſur le plan de la roüe la dent B D, & ſur le plan du pignon l'aîle A D; au reſte il ſera toujours plus commode de faire de l'aîle A D une ligne droite comme nous l'avons déja dit.

Fig. 8.

On a pû remarquer juſqu'à préſent, que la roüe ayant conduit le pignon, toujours en commençant ſur la ligne des centres; l'engrenage a toujours été pris en ſaillie ſur la circonférence de la roüe primitive, ce qui a augmenté

la roüe de la longueur d'une dent, & que le pignon primitif a été diminué de la quantité de l'engrenage; la raiſon eſt que la perpendiculaire tirée du point M de contact ſur l'aîle & ſur la dent, ne peut tomber hors de la circonférence du pignon ni dedans la roüe à moins que l'une & l'autre ne fût concave, ce qui eſt impoſſible dans l'uſage.

XXVI. Examinons maintenant ce qui doit arriver lorſque la roüe conduira avant la ligne des centres; ce ſera exactement le contraire de ce qui a été dit, c'eſt-à-dire que le pignon ſera augmenté, & la roüe diminuée de la quantité de l'engrenage. Pour connoître la figure que l'aîle devra avoir, on conſidérera que ſi l'aîle qui eſt conduite par la dent avant la ligne des centres, venoit à retourner en arriere pour conduire à ſon tour la dent, les mêmes courbures de l'aîle & de la dent continueroient à donner un engrenage parfait, mais alors l'aîle conduiroit réellement la dent après la ligne des centres; ainſi la dent qui conduit l'aîle avant la ligne des centres ou l'aîle qui conduit la dent après la ligne des centres donnent préciſément les mêmes courbes.

Nous devons donc tranſporter à l'aîle ce que nous avons dit juſqu'ici de la dent qui conduiſoit l'aîle après la ligne des centres, c'eſt-à-dire que la même courbe devra rouler extérieurement ſur le pignon pour décrire l'aîle, & au-dedans de

la roüe pour décrire la dent ; il ne s'agit que d'appliquer au pignon qui conduit, ce que nous diſions de la roüe lorſqu'elle conduiſoit, dans tous les Articles précédens.

Ainſi dans le cas où l'on voudra que la dent qui eſt conduite après la ligne des centres, ou qui conduit avant cette ligne, ſoit une ligne droite tendante au centre de la roüe ; il faudra que l'aîle du pignon ſoit l'épicycloïde décrite par la révolution d'un cercle qui ſoit en diametre la moitié de la roüe, & qui roule ſur la circonférence du pignon, c'eſt une ſuite de l'Art. XXII.

XXVII. Nous pouvons actuellement trouver quelles ſeront les figures de l'aîle & de la dent, lorſque la dent devra conduire l'aîle avant & après la ligne des centres ; pour cela nous réunirons les deux cas précédens, & nous donnerons à l'aîle & à la dent, les deux différentes courbes qui y conviennent, l'une qui ne devra ſervir qu'avant la ligne des centres, l'autre qui ſera deſtinée à conduire ou à être conduite ſeulement après la ligne des centres.

Fig. 9. La circonférence L F (*Fig.* 9.) eſt celle de la roüe primitive ; la circonférence O *o* eſt celle du pignon primitif ; l'aile du pignon *ſ o m* ou S O M, la dent de la roüe *p l k* ou P L K ; chacune eſt compoſée de deux parties, la portion *l k* de la dent, rentrante dans la roüe, qui conduit avant la ligne

ligne des centres, la portion saillante *o m* de l'aîle hors du pignon, qui est conduite avant la ligne des centres, la portion saillante L P de la roüe qui conduit après la ligne des centres, la portion rentrante O S du pignon, qui est conduite après la ligne des centres; c'est donc avant la ligne des centres que le pignon fournit la partie saillante de l'engrenage, & c'est après la ligne des centres que la roüe la fournit; dans la ligne des centres même, on peut dire que ce n'est ni l'un ni l'autre, puisque l'aîle & la dent se touchent en A. La portion *l k* de la dent, & la portion *o m* de l'aîle seront décrites par un cercle quelconque roulant dans l'intérieur L F de la roüe pour décrire *l k*, & sur l'extérieur *o* O du pignon pour décrire *o m*, (XXV.) les portions L P de la dent, & O S de l'aîle, seront engendrées par un cercle quelconque roulant sur l'extérieur de la roüe L F pour décrire I P, & dans l'intérieur du pignon O *o* pour décrire O S, (XXIII. XXIV.)

Si le premier cercle se trouve avoir pour diametre le rayon de la roüe, & le second le rayon du pignon, les parties de dents L K, *l k*, & les portions d'aîles O S, *o s*, seront des lignes droites tendantes vers le centre, Art. XI. On n'a marqué d'aucune lettre les parties des dents & des aîles qui ne sont que pour la symmétrie, & qui n'ont aucune part à la conduite du pignon; on

doit leur donner cependant la figure qui leur procurera le plus de fermeté, & qui facilitera le dégagement ; d'ailleurs comme il y a des cas où le roüage a beſoin de retourner en arrière, on eſt obligé de les arrondir à peu près.

XXVIII. Si l'on demande quelles ſeront les figures de l'aîle & de la dent, quand le pignon qui eſt conduit par la dent viendra à rebrouſſer pour la conduire à ſon tour ; on voit facilement que puiſque les lignes de direction & les forces réciproques ſeront les mêmes, les courbures ſeront auſſi les mêmes ; on obſervera ſeulement que la portion de l'aîle qui étoit conduite *après* la ligne des centres, conduira pour lors *avant* cette ligne, & que la partie de l'aîle qui étoit conduite *avant*, ſe trouvera conduire *après* la ligne des centres.

On n'aura donc qu'à décrire les courbes ſuivant les Articles précédens, & le même pignon qui devoit être conduit par la roüe, ſervira à la conduire; mais ſi l'on veut que le pignon ne conduiſe qu'après la ligne des centres, on prendra le pignon tel qu'il étoit lorſque la roüe le conduiſoit avant la ligne des centres.

XXIX. Voici donc une propoſition générale déduite de tout ce que nous avons dit ; 1°. La portion qui conduit après la ligne des centres, doit excéder la circonférence primitive ; celle qui conduit avant la ligne des centres doit être

rentrante, que ce ſoit une aîle ou une dent; 2°. La portion qui conduit après la ligne des centres ſoit une aîle, ſoit une dent, eſt toujours décrite par un cercle roulant extérieurement ſur la circonférence primitive qui conduit, & celle qui eſt conduite eſt engendrée par le même cercle roulant intérieurement dans la circonférence qui eſt menée.

La portion qui conduit *avant* la ligne des centres, eſt engendrée comme celle qui étoit conduite *après* par un cercle roulant au-dedans de la circonférence primitive qui conduit, & la portion qui eſt conduite *avant*, eſt engendrée par le même cercle roulant ſur la circonférence extérieure qui eſt conduite.

XXX. Ce que nous avons appellé juſqu'à préſent roüe primitive & pignon primitif, doit être entendu de deux cercles qui ſeroient entre eux exactement comme le nombre des dents eſt au nombre des aîles; je ſuppoſe que C & P (*Fig.* 4.) ſoient les centres d'une roüe de 30 dents & d'un pignon de 10 aîles; il eſt clair que le pignon doit faire trois tours pour chaque tour de la roüe; il doit donc avoir une circonférence & un diametre qui ſoient le tiers de la circonférence & du diametre de la roüe; ainſi l'on diviſera la diſtance C P en 4 parties; une de ces parties P M ſera le rayon du pignon, & le reſte C M, le rayon de la roüe; ce ſeront là le pignon primitif & la roüe primitive. Fig. 4.

XXXI. Quoique les Articles précédens aient traité de la menée qui commence avant la ligne des centres ; il n'en eſt pas moins vrai qu'on la doit éviter autant qu'il eſt poſſible, parce qu'il ſe fait un frottement à contre-ſens & une eſpece d'arboutement, lorſque l'aîle & la dent rentrent l'une dans l'autre, frottement qui eſt toujours beaucoup plus rude que celui qui ſe fait dans le dégagement & dans la fuite d'une dent ; d'ailleurs toutes les ordures qui ſont repouſſées & chaſſées hors du pignon par ce dernier mouvement, ſont au contraire ramenées & engagées par le mouvement qui ſe fait avant la ligne des centres.

XXXII. Mais on n'eſt pas toujours maître de faire commencer la conduite de chaque aîle préciſément dans la ligne des centres ; ſi le pignon eſt peu nombré, comme eſt un pignon de 8 aîles ou au-deſſous, la roüe prendra néceſſairement avant la ligne des centres, ſur-tout ſi on donne aux aîles du pignon la groſſeur convenable ; la Fig. 10. repréſente trois aîles d'un pignon de 8 dont les faces droites conduites par la roüe ſont D A, D B, D C ; je ſuppoſe que le diametre de la roüe ſoit cinq fois plus grand que celui du pignon, elle devra avoir cinq fois plus de dents, c'eſt-à-dire 40 ; ainſi chaque dent avec l'intervale qui lui répond, occupera 9 degrés, parce que la 40e partie de 360 eſt 9. on

Fig. 10.

prendra donc l'arc B E de 9 degrés, & avec un cercle dont le diametre ſera égal à B D ; on décrira une portion d'épicycloïde E G qui aille toucher en G l'aîle D A, on lui donnera une autre partie ſemblable G H ; mais alors il ne reſtera que B H pour le vuide des dents & pour la groſſeur de l'aîle, qui deviendroit trop foible, parce qu'il eſt néceſſaire dans la pratique de faire le vuide du moins égal au plein, & l'épaiſſeur de l'aîle égale à celle de la dent, ou même un peu plus grande, ſur-tout ſi c'eſt le pignon qui conduiſe : il faudra donc interrompre la dent en F, lui donner la portion ſemblable F K, de façon que E K ſoit égal à K B, c'eſt-à-dire le vuide égal au plein, & faire l'épaiſſeur de l'aîle égale à B K ; mais alors l'extrémité F de la dent ne touchera plus l'aîle D A, lorſque la dent ſuivante B L ſe trouvera dans la ligne des centres ; il eſt donc manifeſte que la dent B L aura pris l'aîle D B avant la ligne des centres.

Ainſi ce n'eſt que dans des pignons au-deſſus de 8 ou même de 9, que l'on pourra faire commencer la conduite ſur la ligne des centres ſeulement, en obſervant la regle des courbures que l'on vient d'aſſigner, & celle de la ſolidité néceſſaire ; il eſt donc important d'employer des pignons qui aient au moins 10 aîles, cela eſt toujours poſſible ſur-tout dans les Horloges où la préciſion que nous cherchons eſt principalement

néceſſaire ; par cette conſtruction on aura de plus l'avantage de rendre la courbure des dents moindre & plus uniforme, par conſéquent plus aiſée à former.

XXXIII. Les principes que l'on vient d'établir donnent auſſi le moindre frottement poſſible, comme on l'a exigé Art. I. parce que l'effort ne ſauroit être plus petit qu'il eſt, & en ſuivant ces principes produire le même effet, les ſurfaces frottantes ne pouvant ſe toucher en de plus petits eſpaces, & éprouver moins de réſiſtance.

XXXIV. Il reſte à parler de l'engrenage des roües de champ ou à couronne, ſoit que la roüe doive mener un pignon C ou être menée par ce pignon.

Il eſt néceſſaire de conſidérer la circonférence de la roüe dans l'endroit où elle agit comme une ligne droite perpendiculaire à l'axe du pignon, & de ſuppoſer par conſéquent que la dent de la roüe qui agit ſur l'aîle, eſt müe dans un plan perpendiculaire à l'axe du pignon comme ſi c'étoit une crémaillére droite ou une regle dentée.

Il eſt vrai que cette ſuppoſition n'eſt pas exactement vraie, ſur-tout ſi chaque aîle du pignon eſt conduite un peu loin, c'eſt-à-dire ſi le pignon eſt peu nombré, parce que le point de conduite ſera un peu plus près du centre de la

roüe vers la fin de la menée qu'il ne devroit être ſi la circonférence de la roüe étoit rectiligne ; cette différence ſera preſque égale au ſinus verſe de l'arc que décrira la roüe depuis la ligne des centres juſqu'à la fin de la conduite, (qui peut être fort petit,) il en réſultera donc un petit frottement dans le ſens de l'axe du pignon, mais il n'eſt guère poſſible d'y avoir égard dans la théorie, ſans une complication de calculs dont on tireroit peu d'avantage dans la pratique.

XXXV. Suppoſons donc une ligne droite C A (*Fig.* 1. *&* 3.) mobile de A vers C, & qui fait mouvoir un cercle A autour de ſon centre ; on comprend par ce qui a été dit Art. IX. & XII. que ce cercle décrira par ſon point E ſur le plan qu'on ſuppoſe ſe mouvoir avec cette ligne, une cycloïde C E D ; & que la ligne A E tirée du point de contact A au point décrivant E ſera toujours perpendiculaire à cette cycloïde. Fig. 1. 3.

Si l'on veut donner à la ligne C F des dents, au moyen deſquelles elle puiſſe conduire le pignon repréſenté par le cercle A, par un point A de ſa circonférence conſidéré comme un fuſeau infiniment délié ; il faudra donner à ces dents la figure d'une portion de cycloïde A K (*Fig.* 3.). On concevra de même que ſi la ligne N M (*Fig.* 10.) repréſente une portion de la circonférence primitive de la roüe de champ, qui doit conduire un pignon dont les aîles O R D Fig. 3. Fig. 10.

ſont des rayons du pignon, les dents de cette roüe devront être des portions de cycloïde O P décrites par la révolution d'un cercle, dont le diametre entier ſoit égal à O D, ſur la ligne O N.

En effet l'on doit dire dans ce cas-ci tout ce qui a été dit dans les autres, & ſur-tout dans la propoſition générale, Art. XXIII. c'eſt-à-dire que le même cercle doit rouler au-dedans du pignon O S pour décrire l'aîle O R, & ſur la roüe O N pour décrire, la dent O P; la ligne droite n'étant autre choſe qu'une portion de cercle dont le rayon eſt infini.

XXXVI. La méthode que nous avons ſuivi pour déterminer les courbes précédentes, n'a pas l'avantage de pouvoir déterminer la figure d'une dent propre à conduire une aîle quelconque de figure donnée, comme le faiſoit M. de la Hire, quoique d'une maniere peu lumineuſe.

M. de la Hire avoit ſenti l'avantage qu'il y auroit ſouvent à employer des roulettes à la place des fuſeaux ou des aîles de pignons, dans les machines qui éprouvent de grands frottemens; il voulut donc chercher la figure des dents propre à conduire ces roulettes. Soit le pignon D K (*Fig.* 11.) qui doit être conduit par la roüe K B, & qui porte des roulettes D, l'épicycloïde B D qui ſerviroit à conduire le point B; pour trouver la courbe G H propre à conduire la roulette dont le rayon eſt D F, il ne s'agit que

Fig. 11.

de

de décrire de tous les points de la courbe B D de petits cercles dont les rayons ſoient égaux à D F, & de tirer une autre courbe G H qui les touche tous, cette courbe ſera parallele à l'épicycloïde B D, & produira toujours ſur le point F de la roulette, la même force & la même viteſſe que l'épicycloïde B D auroit produit ſur le point D, en effet le point de conduite F ſera toujours également éloigné du point D, il fera donc le même chemin que ce point D, & avec la même viteſſe; il aura auſſi la même force puiſque la ligne D K eſt également perpendiculaire à l'épicycloïde, à la roulette, & à la courbe G F.

XXXVII. Par une méthode ſemblable on peut trouver la courbe propre à mener une aîle A G, (*Fig.* 12.) qui ſeroit un rayon de la circonférence primitive du pignon B G. Du point B pris ſur la ligne des centres on décrira l'épicycloïde B V N qui ſerviroit à conduire le point B, comme dans l'Art. XX. & par l'extremité G de l'aîle du pignon parvenue en G, on décrira un arc de cercle G V, qui ait le même centre que la roüe B K; au point V où ce cercle coupera l'épicycloïde on tirera une ligne V I qui faſſe avec le rayon C V de la roüe l'angle C V I, égal à l'angle C G A, on en fera de même pour tous les points où l'aîle G pourra ſe rencontrer, & la courbe qui touchera toutes les lignes V I étant Fig. 12.

appliquée ſuivant K M, elle produira ſur l'aîle A G le même effet qu'auroit produit l'épicycloïde B V N ſur le point G, car la ligne V I concourra avec G A, qui deviendra tangente à la courbe au point de conduite, de ſorte que le mouvement de l'aîle A G ſera préciſément égal au mouvement du point B, ſi il eût été conduit par l'épicycloïde B V N.

XXXVIII. De cette maniere on pourroit ſuppoſer pour l'aîle du pignon toute autre courbe, ellypſe, parabole, hyperbole, &c. placée de quelque maniere que ce fût, & trouver méchaniquement la figure de la dent propre à la conduire uniformément, mais ces recherches ſeroient plus curieuſes qu'utiles, & malgré l'univerſalité de cette méthode, celle que nous avons détaillée, eſt infiniment préférable en ce qu'elle ſert à montrer la nature des courbes qu'on employe, & le point de la dent qui agit à chaque inſtant ſur le pignon.

XXXIX. Les mêmes courbes peuvent être employées dans la Méchanique en pluſieurs occaſions, par exemple, aux aîles ou *camnes* d'un arbre de moulin qui eſt placé horiſontalement, & qui éléve des piſtons ou des pilons pour les pompes, les moulins à poudre ou à papier, les foulons, les forges, aux ondes des roües qu'on employe dans certaines machines hydrauliques, aux dents qui ſont ſur le *muſeau* du *pa-*

neton d'une clef, pour vaincre avec plus de facilité la force des reſſorts, & pour faire par leur moyen des ſerrures qu'il ſeroit impoſſible d'ouvrir autrement qu'avec la clef; on les appliqueroit auſſi au *chamfrein* du *peſle* qui doit frotter contre la *gâche* pour faciliter la fermeture, & dans bien d'autres circonſtances qui ne ſont point de mon ſujet.

XL. Les principes que les Horlogers ont ſuivi juſqu'à preſent ſont fort éloignés de ceux que nous venons d'établir; il y a eu toujours beaucoup de variété & d'incertitude dans leurs méthodes, ou plutôt ils n'en n'ont jamais eu. En Allemagne on a fait des pignons à lanterne, en France des pignons en grain d'orge, en Angleterre des pignons efflanqués, c'eſt-à-dire avec des aîles plattes ſur les côtés; il ſemble que la mode ait tout fait, & que l'expérience n'ait rien appris.

Un habile Horloger dit que toutes les régles dans cette matiere ſe réduiſent à gagner de la force, & à éviter les *accottemens* ou frotemens: pour gagner de la force, il donne aux aîles des pignons la forme des fuſeaux d'une lanterne, c'eſt-à-dire la plus circulaire, afin qu'ils ſoient toujours conduits par le point le plus éloigné du centre; c'étoit tout ce qu'on pouvoit ſe propoſer de mieux, faute d'avoir remonté aux vrais principes qui exigeoient le ſecours de la Geometrie; pour éviter les accottemens ou frotte-

mens, le même Artiſte demande qu'on tienne la denture de la roüe plus vuide que pleine, mais ces deux conſidérations ne fourniſſent rien de précis, ce n'étoit tout-au-plus que de foibles précautions.

XLI. Parce qui a été dit on comprendra pourquoi les Horlogers preſcrivent de faire les pignons qui menent plus gros que quand ils ſont menés; lorſqu'un pignon conduit une roüe, ſi les dents de la roüe étoient auſſi groſſes que les aîles du pignon, elles ne pouroient ſe dégager.

XLII. Il ſeroit donc utile à tous les Horlogers de tracer ſuivant la méthode que nous avons donnée, des modeles ou des calibres pour les différentes grandeurs des roües & des pignons qu'ils employent, ils auroient bientôt la main faite à cette forme avantageuſe de denture & l'on ne perdroit rien dans la facilité de l'exécution.

C'eſt ordinairement la difficulté d'exécution que l'on allégue contre les choſes nouvelles, quelqu'utiles qu'elles puiſſent être; il y a néanmoins beaucoup d'arbitraire dans cette difficulté, elle ne dépend preſque que de l'habitude qu'aura contracté dans quelque partie un nombre d'Artiſtes plus ou moins grand; tout ce qui eſt actuellement aiſé a paru impraticable dans ſa premiere origine, & tout ce qui paroit aujourd'hui rare & difficile deviendra avec le tems facile & ordinaire.

CHAPITRE XX.

Remarques ſur la maniere de trouver facilement des nombres pour les roües qui doivent tourner dans des eſpaces de tems donnés, les unes par rapport aux autres. *

I. IL ne ſera pas inutile de dire ici quelque choſe ſur la partie arithmétique des engrenages, après en avoir traité la partie géométrique. Un Artiſte intelligent a avoué au public, qu'il avoit employé environ vingt ans aux calculs d'une Sphere mouvante ; on va voir que s'il eût été dans la bonne route, il les auroit pû faire en un jour ; cela doit ſuffire pour faire ſentir l'utilité des procédés mathématiques dans toutes les choſes qui ſont de leur reſſort.

II. Si une roüe dentée engrenne dans une autre qui ait un moindre nombre de dents, celle-ci fera pour chaque tour de la premiere autant de révolutions, que le nombre de ſes dents eſt contenu de fois dans le nombre des dents de la premiere ; par exemple, une roüe de 64 dents fera faire à une de 12, 5 tours & un tiers, parce que

* Ce Chapitre eſt de M. DELALANDE, auſſi-bien que le précédent & le ſuivant.

64 contient 12 cinq fois & encore un tiers de 12, ainſi les nombres ſont dans le même rapport que les durées de leurs révolutions.

Je ſuppoſe donc une Pendule ordinaire dans laquelle il y ait une roüe qui tourne dans l'eſpace de 12 jours, & que l'on veuille y ajoûter une roüe annuelle, c'eſt-à-dire qui faſſe ſon tour en 365 jours & un quart, ce nombre-ci contient le premier 30 fois, & $\frac{1}{12}$ de plus & un quart de douziéme, c'eſt-à-dire $\frac{1}{48}$, il faudra donc placer un pignon ſur la roüe qui eſt donnée & faire à la roüe annuelle 30 fois plus de dents qu'au pignon, & encore $\frac{5}{12}$ & $\frac{1}{48}$ de plus; par exemple, un pignon de 48 & une roüe de 1461, ou, en prenant le tiers de ces nombres, un pignon de 16 & une roüe de 487.

III. Mais lorſqu'on a des nombres un peu grands, il n'eſt pas facile d'appercevoir d'un coup d'œil leurs diviſeurs communs, pour pouvoir les réduire à de plus petits nombres, comme nous venons de le faire, par exemple, en diviſant par 3 les deux nombres 48 & 1461. Pour trouver alors tous les nombres premiers entr'eux, dont le rapport peut approcher de celui que l'on cherche, on peut employer la méthode des fractions continues, que *Brouncker* appliqua dans le ſiécle paſſé à la quadrature du cercle, & que M. Hughens a employé dans ſon Planiſphere mouvant.

Elle conſiſte à diviſer, 1°. le plus grand nom-

bre par le plus petit. 2°. Le premier diviſeur ou le petit nombre par le reſte de la premiere diviſion. 3°. Le ſecond diviſeur, ou le premier reſte: par le reſte de la ſeconde diviſion. 4°. Le troiſiéme diviſeur, ou le ſecond reſte, par le reſte de la troiſiéme diviſion & ainſi de ſuite; par-là on forme une ſuite de fractions telles que le numérateur de chacune fait une portion du dénominateur de la précédente; le numérateur de chaque fraction eſt toujours 1, le dénominateur eſt toujours le quotient de la diviſion précédente, plus un; ainſi le dénominateur de la premiere fraction eſt le quotient du petit nombre donné, diviſé par le premier reſte, plus l'unité qui doit ſervir de numérateur à la fraction ſuivante.

L'exemple rendra la choſe plus claire, je ſuppoſe une roüe de 15 heures qui doit conduire une roüe annuelle, c'eſt-à-dire lui faire faire un tour en $365^{j.}\ 5^{h.}\ 49'$, leurs révolutions étant dans le rapport de $900'$ à $525949'$, il faut donc trouver deux nombres applicables en pendules, qui ayent à peu près ce rapport.

Je diviſe le plus grand par le plus petit, j'ai au quotient 584, & 349 qui reſtent & forment une fraction $\frac{349}{900}$. Cette fraction ne peut être réduite à de moindres termes, mais elle peut être convertie en une fraction plus ſimple à quelques égards, dont le numérateur ſoit un, & dont le dénominateur ſoit une autre fraction; en effet,

$\frac{349}{900}$ est égal à $\frac{1}{2+\frac{202}{349}}$, puisque si vous divisez le numérateur & le dénominateur par 349, vous ne changez rien à la fraction en elle-même, mais alors le numérateur devient 1, & le dénominateur devient $2+\frac{202}{349}$, parce qu'en divisant 900 par 349, il vient 2 au quotient, & 202 de reste; on peut réduire aussi la fraction $\frac{202}{349}$ en divisant le numérateur & le dénominateur par 202, ou, ce qui revient au même, divisant 349, qui est le premier reste, par 202, qui est le second reste, la fraction devient $\frac{1}{1+\frac{147}{202}}$. La fraction $\frac{147}{202}$ se réduit aussi en divisant le second reste 202 par le troisiéme, qui est 147; mettant toujours 1 au numérateur, & le quotient que l'on trouve, au dénominateur, on aura ainsi la fraction continue

$$584+\cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{2+\frac{1}{18}}}}}}}$$

IV. L'avantage que l'on retire de cette fraction continue, c'est d'y trouver autant d'expressions de nombres premiers entre-eux, qui peuvent exprimer

exprimer à peu près le rapport donné qu'il y a de fractions, en négligeant plus ou moins de ces fractions. Si, par exemple, je les néglige toutes excepté la premiere $\frac{1}{2}$, j'aurai $584 + \frac{1}{2}$; multipliant 584 par 2, & l'ajoûtant avec 1, j'aurai $\frac{1169}{2}$, qui eſt à peu près le rapport de 525949 à 900 : ſi je prends deux fractions $\frac{1}{2 + \frac{1}{1}}$, ce qui revient à $\frac{1}{3}$, on aura $\frac{1753}{3}$; ſi l'on en prend trois qui vaudront $\frac{2}{5}$ on aura $\frac{2922}{5}$; en en prenant 5 qui valent $\frac{7}{18}$, l'on aura $\frac{10519}{18}$.

V. Je ſuppoſe que l'on connoiſſe parfaitement l'Arithmétique ordinaire des fractions, la maniere d'ajoûter un nombre entier à une fraction, & de diviſer un entier par une fraction. Par exemple, pour réduire la fraction continue $\frac{1}{2 + \frac{2}{1 + 1}}$, je commence par réduire $2 + \frac{1}{1 + 1}$, c'eſt-à-dire $2 + \frac{1}{2}$, en multipliant le nombre entier 2 par le dénominateur de la fraction, 2, pour en faire une fraction, j'ai $\frac{4}{2} + \frac{1}{2}$ ou $\frac{5}{2}$. J'ai donc $\frac{1}{\frac{5}{2}}$ au lieu de la fraction continue donnée, c'eſt-à-dire un entier, diviſé par une fraction; pour ſimplifier cette fraction, il ne faut que mettre le 2 au numérateur & on aura $\frac{2}{5}$, qui eſt la fraction ſimple égale à la fraction continue propoſée.

VI. Voici un exemple un peu plus compliqué :

la durée de la révolution de Saturne eſt à l'eſpace d'une année, comme 2640858 eſt à 77708431, ſi l'on diviſe ce nombre-ci par le premier, on aura 29 au quotient, & 1123549 premier reſte. On diviſera le premier nombre 2640858 par ce premier reſte; le premier reſte, par le ſecond 393760; le ſecond, par le 3e 336029; le 3e par le 4e 56731; le 4e par le 5e 52374; le 5e par le 6e 4357; le 6e par le 7e 90; le 7e par le 8e 37; le 8e par le 9e 16; le 9e 16 par le 10e 5, il reſtera $\frac{1}{5}$; mettant toujours 1 au numérateur, & le quotient au dénominateur, on aura la fraction continue

$$29 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{5 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{12 + \cfrac{1}{48 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{3 + \cfrac{1}{5}}}}}}}}}}}$$

Si nous ne prenons que les trois premieres frac-

tions, & que nous les réduiſions comme dans l'exemple précédent, nous aurons $\frac{206}{7}$ pour le rapport cherché qui approche tellement du vrai, qu'en mettant ſur la roüe annuelle un pignon de 7, & donnant 206 dents à la roüe de Saturne, elle ne s'écartera d'une dent qu'au bout de 1346 ans.

VII. La méthode précédente eſt très-courte, mais lorſqu'on cherche des rapports compoſés de pluſieurs roües & de pluſieurs pignons, elle ne peut ſuffire; il faut alors eſſuyer la longueur qu'il y a à chercher les diviſeurs des nombres, méthode longue & pénible, mais qui devient plus courte en employant les tables de ces diviſeurs.

Par exemple, je veux faire mouvoir une roüe annuelle ou de 8766 heures, par le moyen d'une roüe de 15 heures, je cherche tous les diviſeurs de 8766, je ne trouve que 3, 3, 2, & je tombe à 487 qui n'eſt plus diviſible; ce qui prouve qu'il faudra employer une roüe de 487, ainſi l'on pourra mettre une roüe de 15 qui engrennera dans une de 487, & pour multiplier encore par 18 (puiſque 487 n'eſt que la dix-huitiéme partie de 8766) on prendra par exemple, un pignon de 6 avec une roüe de 108, ou un pignon de 8 avec une roüe de 144.

VIII. Il y a cependant encore quelques artifices d'Arithmétique pour approcher beaucoup des

rapports que l'on ne peut avoir en nombres exacts; le P. Allexandre a publié comme une nouveauté ſinguliere dans ſon Traité d'Horlogerie *Pag.* 174. une maniere de s'y prendre connue de tous ceux qui ont quelque habitude dans le calcul; elle conſiſte à multiplier les deux nombres donnés par un autre nombre qui ait deux ou trois diviſeurs propres à nombrer des pignons ſuivant que l'on cherche deux ou trois engrenages, mais qui ait encore deux conditions, ſçavoir que ſi on le multiplie par un des deux nombres donnés, & qu'on diviſe le produit par l'autre nombre, la diviſion ſoit preſque exacte, c'eſt-à-dire à une ou deux unités près, & que le quotient ait deux ou trois diviſeurs propres à former les nombres de deux ou trois roües : ce procedé exige un tatonnement fort long, mais que l'on ne ſçauroit guère abréger pour l'ordinaire.

EXEMPLE.

On demande de trouver les nombres de trois roües & de trois pignons qui engrennent ſucceſſivement, de ſorte que la premiere roüe tournant en 12 heures, la ſeconde tourne en un an; ce rapport de 12 heures à un an eſt exprimé par $\frac{525949'}{720'}$, ou bien $730\frac{349}{720}$.

Il faut prendre un nombre qui ſoit le produit de trois autres petits nombres propres à former des pignons; par exemple 392, qui eſt le pro-

duit de 7, 7 & 8, mais il faut que ce nombre qu'on prend ſoit tel, que ſi on le multiplie par 349, & qu'on diviſe le produit par 720, le reſte ne ſoit que 1, ou 2, ou 3, & de plus, que ce même nombre multipliant la fraction entiere $\frac{525949}{720}$, le nombre qui en proviendra ait 3 diviſeurs, c'eſt-à-dire, ſoit le produit de 3 nombres propres à former 3 roües. Pour avoir un nombre qui, multiplié par 349 & diviſé par 720, ne laiſſe que 1 de reſte, il faut prendre tous les multiples de 349 & tous ceux de 720, choiſir celui des multiples de 720, qui, augmenté de 1, ſera égal à un multiple de 349.

Afin d'abréger cette opération, il faut conſidérer que les multiples de 720 augmentés de 1 finiront par 1, & que le pénultiéme chiffre ſera un nombre pair; ainſi l'on ne prend parmi les multiples de 349, qui ſe préſentent d'abord, que ceux qui ont cette condition, tels que 3141 & 10121, qui ſont les produits par 9 & par 29, ceux-ci feront trouver tous les autres facilement, & en particulier celui que l'on cherche. En effet, 3141 étant diviſé par 720 l'on a 261 de reſte, & 10121 étant diviſé par 720 donne 41 de reſte, c'eſt-à-dire (en y ajoûtant 720) 500 de plus, on ajoûtera donc toujours 500 de ſuite à ce reſte, en ôtant 720 quand on le pourra, & on ajoûtera de ſuite 20 au multiplicateur 29,

par ce moyen on aura une table de tous les multiplicateurs & de tous les reſtes.

En jettant les yeux ſur cette Table, je vois qu'entre le nombre 69 & le nombre 149, qui different de 80, les reſtes ſont diminués de 160; j'en conclus qu'ils diminueroient encore de 160, en augmentant encore 149 de 80, c'eſt-à-dire qu'à 229, le reſte doit être 1.

Multiplicateurs.	reſtes.
9	261
29	41 + 720
49	541
69	321
89	101
109	601
129	381
149	161

C'eſt donc 229 qu'il faudroit prendre pour le produit des pignons s'il avoit des diviſeurs, mais comme il n'en a aucun, il ne ſçauroit fournir; on l'augmentera de 720, ce qui fera 949, mais ce nombre là n'a pour diviſeurs que 73 & 13, qui ne peuvent fournir des pignons; d'ailleurs, quand on voudroit les employer on verroit, en multipliant la fraction donnée par 949, que le nombre qui proviendroit 693230 $\frac{1}{720}$ n'a pour diviſeurs que les nombres 383, 181, 10 qui ſont trop grands pour des roües.

Il faudra donc chercher un autre nombre, ou produit des pignons, par lequel ayant multiplié la fraction, le reſte ſoit 2; pour cela je diſpoſe les multiplicateurs & les reſtes, comme dans le premier cas, pour en former la Table ſuivante.

Je vois que les reſtes augmentant de 500 lorſqu'on augmente de 20 les multiplicateurs, cela ſuffit pour continuer la Table à volonté, mais je vois auſſi qu'entre 178 & 318, le reſte a diminué de 100, j'en conclus que le reſte ne ſera que 2 quand le multiplicateur ſera 458.

Multiplicateurs.	Reſtes.
18	522
38	302
58	82
78	582
98	362
118	142
138	642
158	422
178	202
318	102
458	2

Le nombre 458 devroit donc être le produit des pignons que l'on cherche, mais il n'a d'autres diviſeurs que 2 & 229, & ſi on l'augmente de 720 il n'aura encore que 31, 19, 2, qui ne ſont pas propres à des pignons.

On cherchera donc enfin un produit de pignons tel qu'ayant multiplié 349 & diviſé par 720, le reſte ſoit 3 ou 4. mais les opérations précédentes ſerviront à abréger l'opération, en effet

349 mult. par 229 & diviſé par 720, reſte 1.
349.....458.....720.....2.

ainſi en augmentant les multiplicateurs de 229, les reſtes augmenteront toujours de 1, par conſéquent

349 mult. par 687 & diviſé par 720, reſte 3.
349.....916.....720.....4.
349.....1145.....720.....5.
349.....1374.....720.....6.
349.....1603.....720.....7.
349.....1832.....720.....8.

En eſſayant tous ces diviſeurs l'un après l'autre, l'on apperçoit que 916 étant diminué de 720; & 1832 diminué de deux fois 720 rempliſſent notre objet; en effet, ſi l'on retranche 1440 de 1832 il reſte 392, dont les diviſeurs ſont 8. 7. 7. ſi on multiplie la fraction donnée par 392. on aura 286350, dont les diviſeurs 83. 69. 50. peuvent fournir trois roües aſſez commodes.

On rangera comme on voudra les trois roües de 83, 69, & 50, & les trois pignons de 8, 7, & 7, pourvû que la roüe de 12 heures porte un des pignons, & que deux de ces roües portent les deux autres pignons. La révolution produite par ces trois roües eſt fort exacte; car ſi l'on diviſe 286350 par 392. & qu'on multiplie le quotient $730\frac{95}{196}$ par $12^{h.}$ ou $43200''$, on aura $365^{j.}\ 5^{h.}\ 48'\ 58''\frac{38}{49}$, tandis que la véritable longueur de l'année tropique où la révolution de la Terre par rapport à l'équinoxe, dans ce ſiécle-ci, paroît être de $365^{j.}\ 5^{h.}\ 48'\ 46''\frac{1}{2}$, ſuivant les plus exactes obſervations.

On pourroit faire encore bien des remarques ſur la maniere de faire ces ſortes de combinaiſons, mais tout ſe réduit à trouver les diviſeurs d'un nombre, & l'on peut pour cela avoir recours aux Tables qu'on en a fait.

CHAPITRE

CHAPITRE XXI.

Du mouvement oſcillatoire d'un pendule ſimple ou compoſé, libre ou appliqué aux Horloges.

I. L'ON entend par pendule ſimple un corps péſant, que l'on conçoit réuni en un ſeul point M (*Fig.* 2.) & ſuſpendu à un point C, par une ligne inflexible C M que l'on ſuppoſe ſans péſanteur, & ſans réſiſtance, ſoit de la part du point de ſuſpenſion C, ſoit de la maſſe d'air dans laquelle elle ſe meut. Plan. X. Fig. 2.

II. Le pendule compoſé eſt celui dans lequel on conſidere pluſieurs corps fixés ſur la longueur C M; ſi par exemple, au lieu de ſuppoſer la maſſe du corps M réunie en un ſeul point M, on ſuſpend un globe péſant dont le demi-diametre ſoit M G, ou que la ligne C G ait elle-même une certaine péſanteur, ou qu'il y ait deux poids A C (*Fig.* 5.) le pendule deviendra un pendule compoſé, parce que ſa péſanteur n'étant plus réunie, ſe trouvera diſtribuée ſur les différentes parties de la longueur du pendule ou du diametre du globe. Fig. 5.

III. Tous les corps péſans deſcendent avec la même vîteſſe à moins que la réſiſtance de l'air ne s'y oppoſe; une boule d'or & une plume de Ci-

gne deſcendent auſſi rapidement dans la machine du vuide ; l'une & l'autre parcourent 15 piés en une ſeconde de tems ; nous appellons *péſanteur*, *gravité naturelle*, ou *force accélératrice*, cette force ou attraction qui eſt capable de faire décrire aux corps péſans une eſpace de 15 piés en une ſeconde.

On ſent aſſez que cette force accélératrice s'exerce également ſur toutes les parties de matiere dont chaque corps eſt compoſé ; il n'y a donc aucune raiſon qui puiſſe les faire deſcendre plus vîte lorſqu'elles ſeront réunies en plus grand nombre dans une boule d'or, que lorſqu'elles ſeront en moindre quantité comme dans une plume ; l'action reſtant la même ſur chaque partie, l'effet total ne ſauroit être différent.

Mais quoique la vîteſſe & la force accélératrice ſoient égales dans tous les corps, la *force motrice*, l'action ou l'effort qu'ils produiſent par leur chûte peut être fort variable, parce qu'elle eſt le produit de la maſſe & de la vîteſſe ; il eſt naturel en effet, que pluſieurs portions de matiere agiſſant enſemble avec la même vîteſſe, produiſent un effet d'autant plus grand qu'elles ſeront en plus grand nombre.

IV. Si l'on s'éloignoit du centre de la terre, la gravité ou la force accélératrice diminueroit, & les corps deſcendroient avec moins de vîteſſe ; ſi au contraire nous nous trouvions rapprochés

du centre de la terre, cette vîteſſe ſeroit plus grande, parce que la terre attirant les corps graves de plus près, les attireroit avec plus de force; alors, au lieu de 15 piés que tous les corps de la terre décrivent en une ſeconde, ils en décriroient 20, 30, ou davantage.

V. Galilée apperçut le premier dans le ſiecle paſſé, que lorſqu'un corps eſt abandonné à lui-même, & qu'il deſcend en vertu de ſa péſanteur, les eſpaces parcourus en tems égaux augmentent comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. c'eſt-à-dire que ſi pendant la premiere ſeconde, un corps deſcend de la hauteur d'une perche de 15 piés, repréſentée par AB (*Fig.* 8.) pendant la ſeconde ſuivante il deſcendra de trois perches BC ou de 45 piés, pendant la troiſiéme ſeconde de cinq perches CD, & ainſi de ſuite, &c. Fig. 8.

L'expérience s'accorde en cela avec le raiſonnement fondé ſur ce que la force accélératrice s'exerce de la même maniere à chaque inſtant. On pourra en concevoir l'effet, en imaginant qu'elle communique un degré de vîteſſe au commencement de chaque inſtant, & un pendant la durée de l'inſtant; ſi donc au commencement du premier intervalle, le corps a reçû un degré de vîteſſe qui lui doit faire parcourir AB, il en recevra encore un au commencement de l'inſtant ſuivant; mais comme le premier degré ſubſiſte

encore, & que dans l'eſpace d'un ſecond inſtant, il en a acquis un, il aura trois degrés de vîteſſe au commencement du ſecond intervalle, & par conſéquent il fera trois fois plus de chemin dans un tems égal; pendant ce ſecond moment, il en acquerera un, & au commencement du troiſiéme il en recevra encore un; donc il en aura cinq, & par conſéquent il décrira un eſpace C D cinq fois plus grand que A B, pendant la durée du troiſiéme intervalle de tems.

VI. Par la même raiſon que les corps accélerent en deſcendant par l'action continue & répetée de la gravité, ils doivent retarder dans la même proportion lorſqu'ils montent; ainſi un corps jetté avec une vîteſſe en vertu de laquelle il parcourt dabord 7 perches en une ſeconde, n'en parcourra plus que 5 dans la ſeconde ſuivante, 3 dans la troiſiéme, 1 dans la quatriéme, & au commencement de la cinquiéme, il commencera à retomber vers la terre.

Les corps graves acquierent donc en tombant la même vîteſſe qu'ils perdroient en montant; ainſi une boule qui pendant une ſeconde eſt tombée de 15 pieds de haut, ſe trouve avoir acquis la même vîteſſe avec laquelle elle devoit être jettée de bas en haut pour parcourir auſſi 15 pieds en une ſeconde.

Fig. 3. VII. Si le corps P, (*Fig.* 3.) au lieu de deſcendre verticalement, eſt obligé de ſuivre un

plan incliné P S, étant parvenu en S il aura acquis la même vîteſſe que s'il étoit tombé ſuivant la perpendiculaire P R, mais après un plus long eſpace de tems ; & ſi l'on tire du point R la perpendiculaire R T ſur ce plan incliné P S, l'eſpace P T ſera celui que le corps P décrira dans le même tems qu'il auroit décrit la ligne P R.

VIII. Cette propoſition auſſi-bien que toutes les ſuivantes peuvent être démontrées à la rigueur & mathematiquement, mais ces démonſtrations nous jetteroient dans des détails infinis qui peut-être même deviendroient inintelligibles au plus grand nombre des lecteurs ; nous nous contenterons donc de paſſer de vérités en vérités pour venir à des propoſitions qui peuvent être utiles dans la pratique à ceux même qui n'en connoiſſent point les démonſtrations, elles ſuffiront pour donner une idée des effets & des propriétés du mouvement oſcillatoire.

IX. Dans un demi-cercle tel que AGC, (*Fig.* 4) ſi d'un point G ou *g*, de la circonférence, quel qu'il ſoit, l'on tire les lignes A G & C G aux deux extrémités du diametre A B, un corps qui deſcendra de A en G ſur le plan incliné A G, ou de G en C ſur le plan incliné G C, tombera toujours exactement dans le même eſpace de tems qu'il auroit mis à deſcendre verticalement de A en C le long du diamettre. Fig. 4.

Fig. 2. X. Le pendule ſimple C M (*Fig.* 2) dans ſon état naturel, occupe la ligne verticale C E, parce qu'il ne ſçauroit deſcendre au-deſſous de E ; ſi l'on retire le pendule de E en M, il ſe trouvera plus élevé de la quantité de M F que l'on appelle le ſinus verſe de l'arc E M, il deſcendra donc de M en E, & il accelerera ſon mouvement ſuivant la loi ordinaire, Art. V. mais étant parvenu en E, il aura acquis une vîteſſe capable de le faire remonter à la même hauteur ; il ira donc juſqu'en I, & décrira l'arc E I ; ces deux arcs ou ces deux demi-oſcillations, l'une deſcendante l'autre aſcendante forment une oſcillation ou une vibration entiére.

XI. Si ces vibrations ſont fort grandes, elles ne ſeront pas iſochrones, c'eſt-à-dire qu'elles ne ſe feront point en tems égaux, ſi on les augmente ou ſi on les diminue ; car l'oſcillation qui commencera en K ſera plutôt achevée que celle qui commencera en M, le chemin étant plus long il faudra plus de tems pour le décrire.

Mais ſi ces vibrations ſont fort petites, comme de 1 ou 2 degrés, les arcs ſeront preſque égaux à leurs cordes ; or comme on l'a vû, Art.
Fig. 4. IX. les cordes G C, *g* C, (*Fig.* 4.) ſont toujous parcourues en tems égaux, ainſi les arcs le ſeront à très-peu près.

XII. Dans le cas de ces vibrations fort petites la durée de chaque oſcillation ſera égale à $\frac{355}{113}$

du tems qu'il auroit fallu à un corps pesant pour descendre de deux fois la hauteur C E du pendule, c'est-à-dire du diametre du cercle que décrit ce pendule; il est à remarquer que $\frac{355}{113}$ est à peu près le rapport du diametre à la circonférence, ainsi l'on pourroit par ce moyen sçavoir combien dureront les oscillations d'un pendule simple dont la longueur seroit donnée, pourvû que l'on sçût par expérience quel est le tems que les corps mettent à tomber de différentes hauteurs. Fig. 2.

Mais comme on ne sçauroit déterminer avec exactitude la durée de la chute des corps, à cause de leur grande vîtesse, & qu'il est beaucoup plus facile de compter les vibrations d'un pendule dans un tems donné, c'est par le nombre des oscillations d'un pendule dont la longueur est donnée qu'on trouve exactement en combien de tems les corps tombent vers la terre d'une hauteur donnée.

XIII. On démontre par exemple que le quarré du diamettre d'un cercle est au quarré de sa circonférence, comme la longueur du pendule est au double de la hauteur d'où un corps descend pendant la durée d'une vibration du pendule; ainsi je suppose que l'on veuille sçavoir quel chemin les corps graves parcourent en une seconde, on mesurera la longueur du pendule à secondes de la maniere dont nous le dirons ci-

après, & l'on trouvera 440$^{lig.}$ 57 ou 440$^{lig.}$ 57 centiémes ; on dira par une régle de trois le quarré de 113. diametre du cercle, eſt au quarré de 355. comme 440^{lig} 57 eſt à un quatriéme terme dont on prendra la moitié, ce qui donnera 15 pieds 1 pouce 2 lignes & 8 centiémes.

XIV. On comprend donc que la durée des oſcillations d'un pendule ſimple dépend de la gravité ou force accélératrice, & de la longueur du pendule. Si la force accélératrice devenoit plus grande qu'elle n'eſt ſur la terre, les corps tombant avec plus de vîteſſe, les oſcillations d'un pendule ſeroient plus promptes. La durée d'une oſcillation eſt en raiſon inverſe de la racine quarrée de la force accélératrice, ou ſi l'on veut, les peſanteurs en raiſon inverſe des quarrés des tems que durent les oſcillations, c'eſt-à-dire que ſi la force accélératrice devenoit quadruple, la durée des oſcillations deviendroit ſeulement deux fois moindre.

XV. Si la durée des oſcillations de différens pendules eſt la même, leurs longueurs ſeront dans le même rapport que les gravités.

Si les longueurs ſont égales, les tems ſont en raiſon inverſe des racines des forces accélératrices, & les nombres des oſcillations faites en même tems ſeront dans le rapport des racines des forces accélératrices.

XVI. On pourroit être ſurpris de ce que nous parcourons

parcourons ici des pendules qui ont différentes gravités, puiſque les hommes ne faiſant jamais d'expériences du pendule que ſur la ſurface de la terre, la gravité eſt toujours la même pour eux; mais il faut obſerver à cet égard deux choſes, 1°. que cette théorie eſt néceſſaire lorſqu'il eſt queſtion des pendules qui font leurs oſcillations dans des milieux réſiſtans, où leur gravité diminue à raiſon de celle du fluide; 2°. que depuis que l'on connoît l'applatiſſement de la terre, on a obſervé que proche de l'équateur où l'on ſe trouve plus éloigné du centre de la terre que proche des pôles, la gravité y eſt moindre, & que conſéquemment les pendules qui ſeroient réglés proche des pôles retarderoient ſous l'équateur, de pluſieurs ſecondes par jour; ſous l'équateur on eſt éloigné du centre de la terre d'environ 3281000 toiſes, & de 3262690 ſous les poles.

XVII. La gravité étant la même comme elle l'eſt pour nous dans un même pays, les durées des oſcillations ſont comme les racines des longueurs.

Les longueurs ſont entre elles comme les quarrés des tems.

Les nombres d'oſcillations faites dans un même eſpace de tems ſont en raiſon inverſe ou réciproque des racines des longueurs.

Les longueurs ſont en raiſon réciproque des

quarrés des nombres d'oſcillations, c'eſt-à-dire que ſi deux pendules font l'un une vibration dans une ſeconde & l'autre deux, celui-cy ſera quatre fois moindre que le premier.

XVIII. C'eſt ſur ce principe que Madame LEPAUTE a pris la peine de calculer tout au long la table que l'on trouvera à la fin de ce livre, de la longueur des pendules qui doivent faire un nombre déterminé de vibrations ; celle que l'on trouve dans le livre de M. Thiout & qui avoit été calculée par M. le Comte de d'*Onſenbrai*, ne pouvoit être preſque d'aucun uſage, parce que les nombres de vibrations ſont la plûpart compoſés de fractions & par conſéquent inapplicables aux Horloges, où l'on a toujours un nombre entier de vibrations qu'exigent les nombres du roüage. Cette table, calculée avec un très-grand ſoin, au moyen des logarithmes, préſente de 100 en 100. depuis 1 juſqu'à 18000 vibrations par heure, la longueur du pendule, de ſorte que lorſqu'on a un mouvement de pendule dont la derniere roüe doit faire un certain nombre de tours par heure, on trouve quelle longueur de pendule on doit y appliquer.

XIX. On trouve ſur le même principe que pour faire avancer une Pendule d'une minute par jour, il faut racourcir le balancier de 0^{lg} 6116, c'eſt-à-dire environ 6 dixiémes ou $\frac{6\ 16}{10\ 00}$ de ligne, & pour une ſeconde par jour, de 0^{lg} 01 ou un centiéme de ligne.

XX. Juſqu'ici nous n'avons parlé que du pendule ſimple, c'eſt-à-dire conſidéré dans le ſens de l'Art. I. mais comme il n'exiſte point de pendule ſimple dans la nature, & qu'au contraire tous les pendules dont on ſe ſert, ont une péſanteur diſtribuée ſur les différens points de leur longueur, il eſt néceſſaire de les réduire à des pendules ſimples.

Je ſuppoſe un pendule S C (*Fig.* 5.) chargé non plus d'un ſeul poids, mais de deux ou d'un plus grand nombre tels que A, C, de maniere que chacun de ces poids ſoit conſideré comme réduit à un ſeul point; on comprend bien que ce nouveau pendule fera ſes oſcillations plus promptement que s'il n'y avoit qu'un ſeul poids en C, parce que le poids A tend à faire ſes oſcillations avec la même précipitation que ſi le pendule n'avoit que la longueur S A qui eſt beaucoup moindre, mais il eſt en partie retardé par le poids C qui ne peut faire ſes oſcillations qu'avec la lenteur qu'exige le long pendule S C; ainſi le pendule compoſé ne ſera ni iſochrone avec le pendule S C chargé d'un ſeul poids C, ni avec le pendule S A chargé d'un ſeul poids A, mais ſa vîteſſe tiendra un milieu entre les deux autres, & il ſera iſochrone à un autre pendule ſimple S D dont il faut chercher la longueur. Fig. 5.

XXI. Le point D s'appelle le *centre d'oſcilla-*

tion ou le *centre de percuſſion* du pendule compoſé.

Ainſi le centre d'oſcillation D eſt le point dans lequel on peut raſſembler toute la péſanteur du corps qui oſcille ſans changer le tems ou la durée de ſes oſcillations.

On l'appelle auſſi centre de percuſſion, parce que c'eſt le point où ſe réunit tout l'effort, où la percuſſion ſeroit la plus forte, & où toutes les parties reſteroient en équilibre, ſi l'on arrêtoit le pendule dans ce point là, en ſuppoſant que le point de ſuſpenſion ne produiſit aucune réſiſtance & devînt libre au moment de la percuſſion; comme tous les poids A, C, ſont unis enſemble & ne peuvent ſe mouvoir l'un ſans l'autre, il s'enſuit que chacun de ces poids diſtribuera ſon effort & le communiquera à tous les autres à proportion de leur maſſe & de leur diſtance au point de ſuſpenſion S.

Ainſi la vîteſſe du corps entier tiendra pour ainſi dire un milieu entre les vîteſſes que ces différentes parties affecteroient ſéparément; par conſéquent il en réſultera un effort commun qui tiendra un milieu entre tous les autres, & cet effort s'exercera au point D comme ſon centre, enſorte que dans tout autre point qui ſeroit plus haut, les parties ſupérieures agiroient plus que les inférieures, & dans tout autre point qui ſeroit au-deſſous du centre d'oſcillation, les parties inſé-

rieures C agiroient plus que les premieres ; le centre d'oſcillation eſt le ſeul point ſur lequel toutes les parties agiſſent également pendant la vibration du pendule.

XXII. Pour trouver donc ce centre d'oſcillation D, il faut multiplier chacun des poids par le quarré de ſa diſtance au point S, ajoûter tous ces produits enſemble, ajoûter auſſi les produits de chaque poids par ſa diſtance au point S, & diviſer la premiere ſomme des produits par cette nouvelle ſomme, le quotient ſera la longueur cherchée S D.

XXIII. Si au lieu de ne ſuppoſer que deux poids ou deux points péſans A, C, on ſuſpend un globe ou corps quelconque qui ait une certaine longueur telle que A C, (*Fig.* 6.) au lieu de deux poids on en aura une infinité, parce que chaque point du corps A C a ſa péſanteur, & il n'y aura plus que le calcul *intégral*, c'eſt-à-dire les méthodes de la plus ſublime Géométrie, & le dernier effort de l'eſprit humain qui puiſſent en calculant l'infini & l'infiniment petit, exprimer dans tous les cas le centre d'oſcillation de ce nombre infini de corps péſans ; nous en donnerons cependant le réſultat. Fig. 6.

XXIV. Les queſtions des centres d'oſcillations furent propoſées à tous les Géometres vers l'an 1650. par le P. Merſennes.

M. Hughens n'avoit alors que 21 ans, il

s'exerçât auſſi bien que Deſcartes & le P. Fabri ſur quelques cas des plus ſimples, & ils réuſſirent dans pluſieurs ; mais ce ne fût qu'en 1673. que M. Hughens publia dans ſon beau Traité *de Horologio oſcillatorio*, le fruit des plus profondes recherches dans ce genre, mais les démonſtrations ſinthétiques, qu'il donne de ſes propoſitions, ſont ſi compliquées qu'on voit évidemment qu'il nous a caché l'analiſe par laquelle il y étoit parvenu ; on y a ſuppléé depuis par les nouvelles découvertes faites dans l'analyſe.

XXV. Je ſuppoſe une ſphère ou globe A C (*Fig.* 6.) dont le centre eſt en K, ſuſpendue & balancée par un point A de ſa ſurface ; ſes vibrations ſe feront en même tems que celles d'un pendule ſimple qui auroit une longueur A O égale à $\frac{7}{10}$ du diametre A C, c'eſt-à-dire que le centre d'oſcillation ou de percuſſion O ſera au-deſſous du centre K d'une quantité K O égale à $\frac{2}{5}$ du rayon K C ; ſi la boule a 10 pouces de diametre, le centre d'oſcillation ſera plus bas de deux pouces que le centre de gravité. Fig. 6.

XXVI. Si cette même ſphère eſt ſuſpendue à un point S (*Fig.* 6.) éloigné de ſa ſurface, ſes vibrations deviendront plus lentes, le centre d'oſcillation remontera & ſe rapprochera du centre K, dans la même proportion que la diſtance S K augmentera ; pour ſavoir alors de combien il en ſera éloigné, il faudra faire cette regle de

trois : la distance S K du centre de suspension au centre de la boule, est au rayon A K de la boule, comme les deux cinquiémes de ce rayon est à un quatriéme terme qui sera la distance K O du centre de gravité au centre d'oscillation.

XXVII. Delà il s'ensuit que si l'on diminue de moitié le diametre de la boule, la distance K O ne sera plus que le quart de ce qu'elle étoit, c'est-à-dire que la distance du centre de gravité au centre d'oscillation diminuera comme le quarré du diametre.

XXVIII. On peut demander maintenant quel sera le centre d'oscillation de la même sphère, si l'on suppose que le fil ou la ligne de suspension S A, quoique fort mince, ait une certaine pésanteur supposée connue; voici la regle que l'on doit suivre.

Ajoûtez un tiers du poids de la ligne S A, avec deux cinquiémes du poids de la boule, & multipliez le tout par le quarré du rayon ou demi-diametre de la boule; multipliez ensuite un sixiéme du poids de la ligne, par la distance S K du centre de gravité au centre de suspension, & par S C, distance du point de suspension à l'extrémité inférieure de la boule; ôtez ce second produit du premier, & la différence sera un dividende que vous mettrez à part; pour avoir le diviseur, il faut ajoûter la moitié du poids de la ligne avec le poids de la boule, multiplier

la ſomme par S K ; multiplier auſſi la moitié du poids de la ligne par le demi-diametre de la boule, & ôter ce produit du précédent, ce qui donnera le diviſeur ; enfin le dividende étant diviſé par le diviſeur, le quotient ſera la quantité cherchée K O.

On employe ſurtout cette regle dans le cas où il s'agit de déterminer la longueur du pendule ſimple qui bat les ſecondes comme M. de Mairan l'a fait pour Paris dans les Mémoires de l'Académie, année 1735.

XXIX. Pour connoître avec la plus grande exactitude la longueur du pendule ſimple qui bat les ſecondes, on ſuſpend une boule de métal à un fil de pite fort délié, ce fil ſe tire des fibres d'une eſpece d'aloës, & il a la propriété de n'être point ſujet à s'étendre ou à ſe racourcir par l'humidité & la ſéchereſſe.

On ſuſpend ce fil avec beaucoup de ſoin, afin de pouvoir meſurer, juſqu'à la préciſion d'un dixiéme de ligne, la longueur du pendule, depuis la ſuſpenſion juſqu'au deſſous de la boule dont on ſouſtrait la partie O C trouvée par les méthodes des Articles précédens pour le pendule ſimple, à raiſon de la groſſeur de la boule, ou de la péſanteur du fil, de 4 grains pour 10 toiſes.

On regle avec ſoin une pendule à ſecondes par le moyen du Soleil ou des étoiles fixes ; on fait faire au pendule d'expérience des petites oſcillations

cillations de deux pouces, par exemple, & l'on voit ſi elles ſont toutes iſochrones à celle du pendule de l'Horloge ; ſi cela eſt, on eſt ſûr que ce pendule d'expériences, c'eſt-à-dire S O que l'on a meſuré, eſt véritablement la longueur du pendule ſimple à ſecondes, qui eſt à Paris de $36^{pou.}\ 8^{lig.}\ 57$ ou 55, ſuivant les dernieres expériences de M. de la Caille.

XXX. Je ſuppoſe un cylindre A R X qui ſe balance autour d'un diametre A R de ſa baſe, & dont on cherche le centre d'oſcillation E ; ſi ce cylindre étoit infiniment mince & réduit à une ſeule ligne K X, ſon centre d'oſcillation E ſeroit aux deux tiers de la ligne K X.

Mais ſi le cylindre a un diametre, comme A R, il faudra faire la proportion ſuivante : le double de la hauteur K X eſt au rayon K R, comme ce même rayon K R eſt à une quatriéme ligne qu'il faudra ajoûter aux deux tiers de K X pour avoir la longueur K E du pendule ſimple iſochrone au cylindre A R X.

On va voir l'uſage de cette proportion dans le cas où l'on employe dans les pendules un canon plein de métal, pour ſuſpendre la lentille, ainſi que pluſieurs perſonnes l'ont pratiqué, pour remédier à la dilatation du pendule.

XXXI. Je ſuppoſe, par exemple, pour ne pas compliquer les difficultés, que l'on ait tout à la fois une ſphère & un cylindre, comme on

Fig. 7. le voit (*Fig.* 7.) qui doivent oſciller autour du diametre A R dans un plan perpendiculaire à celui de la Figure; on demande le centre d'oſcillation de ce pendule, compoſé d'un cylindre & d'une ſphère; le point D eſt le centre de gravité du cylindre, le point C eſt celui de la ſphère, le point E eſt le centre d'oſcillation du cylindre conſideré ſeul, le point O eſt le centre d'oſcillation de la ſphère. On multipliera K E par K D, & par le poids du cylindre, on ajoûtera ce produit à celui de K O par K C & par le poids de la ſphère, & l'on aura le dividende; pour avoir le diviſeur on multipliera le poids du cylindre par K D, & on l'ajoûtera au produit du poids de la Sphere par K C, on diviſera le dividende par le diviſeur, & le quotient ſera la diſtance du point K au centre d'oſcillation commun de la Sphere & du cylindre. Cela ſe réduit à l'expreſſion $\frac{KE.KD.C + KO.KC.S}{KD.C + KC.S}$, ſi l'on appelle C & S les maſſes du cylindre & de la ſphère.

XXXII. Comme dans aucun des Livres de Géométrie où il a été parlé du centre d'oſcillation des ſolides, on ne trouve la maniere de découvrir celui des lentilles, telles qu'on les employe dans nos Pendules, je vais en donner ici une méthode qui m'a été communiquée par M. *Clairaut*, mais qui n'a point été publiée par ce grand Géometre.

Pour trouver le centre d'oſcillation de deux ſegmens de ſphère, ou, ce qui eſt le même, d'un ſeul ſegment B H *b* B, qui oſcille de côté, autour d'un axe I A G (*Fig.* 11.), il ne s'agit que de trouver la *quantité oſcillatoire* du ſegment, ou la ſomme de toutes les particules de matiere qui le compoſent, multipliées chacune par le quarré de leur diſtance à l'axe de rotation, & de diviſer ce produit par la maſſe du ſegment multipliée par la diſtance A C, de ſon centre de gravité à l'axe de rotation. Fig. 11.

On commence par trouver la quantité oſcillatoire d'une ligne P M (*Fig.* 10.) qui oſcille autour du point A dans le plan A P M; je ſuppoſe A P = x, P M = y, ainſi la diſtance A M eſt $\sqrt{(xx+yy)}$ le poid de chaque particule M m'' de la ligne P M eſt dy qui, multiplié par le quarré de A M, donne $dy\,(xx+yy)$ ou $xx\,dy+y^2\,dy$ pour la différentielle de la quantité oſcillatoire de la ligne P M, l'intégrale, en ſuppoſant x conſtante, ſera $xxy+\frac{1}{3}y^3$, c'eſt-à-dire A P^2. P M $+\frac{1}{3}$ P M^3. Fig. 10.

XXXIII. On cherchera de même la quantité oſcillatoire d'un demi-cercle B M m b qui oſcille de côté autour du point A; pour cela ſoit AC = a, CB = r, CP = Cp = x, P M = $\sqrt{(r^2-xx)}$ P P′ = dx; ſuivant ce qui vient d'être démontré, la quantité oſcillatoire de P M + $p\,m$, ſera A P^2. P M + $\frac{1}{3}$ P M^3 + A p^2. $p\,m$ + $\frac{1}{3}\,p\,m^3$, ou parce que P M = $p\,m$ = y, après avoir ſubſtitué

les lettres & fait la réduction, $2aa\sqrt{(rr-xx)} + 2xx\sqrt{(rr-xx)} + \frac{2}{3}r^2\sqrt{(r^2-xx)} - \frac{2}{3}xx\sqrt{(rr-xx)}$, ou bien $(2aa+\frac{2}{3}r^2)\sqrt{(rr-x^2)} + \frac{4}{3}x^2\sqrt{(r^2-x^2)}$; si l'on multiplie cette quantité par dx, ou P P', on aura la quantité oscillatoire des deux portions élémentaires de la surface du cercle, P' P M M' & $p\,p'\,m'\,m$; par conséquent en en cherchant l'intégrale on aura la quantité oscillatoire de l'espace P M mp: or l'intégrale du premier membre s'exprime par $(2aa+\frac{2}{3}rr)\int dx\sqrt{(rr-xx)}$ pour avoir l'intégrale du second membre, il faut considérer quelle sera composée de deux termes, $\frac{1}{3}rr\int dx\sqrt{(rr-xx)} - \frac{1}{3}x(rr-x^2)^{\frac{3}{2}}$, en voici la preuve.

La différentielle de $-\frac{1}{3}x(r^2-x^2)^{\frac{3}{2}}$ est $-\frac{1}{3}dx(rr-xx)^{\frac{3}{2}} + xx\,dx\sqrt{rr-xx}$, ou $-\frac{1}{3}rr\,dx\sqrt{(rr-xx)} + \frac{1}{3}xx\,dx\sqrt{(rr-xx)} + xx\,dx\sqrt{(rr-xx)} = \frac{4}{3}xx\,dx\sqrt{(rr-xx)} - \frac{1}{3}rr\,dx\sqrt{(rr-xx)}$, donc la différentielle de $\frac{1}{3}rr\int dx\sqrt{(rr-xx)} - \frac{1}{3}x(r^2-x^2)^{\frac{3}{2}}$ est $\frac{4}{3}xx\,dx\sqrt{(rr-xx)}$.

Ainsi l'intégrale cherchée est $(2aa+\frac{2}{3}rr)\int dx\sqrt{(rr-xx)} + \frac{1}{3}rr\int dx\sqrt{(rr-xx)} - \frac{1}{3}x(rr-xx)^{\frac{3}{2}} = (2aa+rr)\int dx\sqrt{(rr-xx)} - \frac{1}{3}x(rr-xx)^{\frac{3}{2}}$; si dans cette intégrale l'on fait $x=r$ pour avoir la quantité oscillatoire du demi-cercle entier, le second terme s'évanouira,

le premier terme deviendra $2aa + rr$ multiplié par la ſurface d'un quart de cercle, puiſque l'on voit aſſez que $dx\sqrt{(rr - xx)}$ exprime l'élément P P' M' M d'un quart de cercle, & que par conſéquent $\int dx\sqrt{(rr - xx)}$ en exprime la ſurface entiere lorſque $x = r$; mais appellant c la circonférence d'un cercle dont le rayon eſt 1, cr ſera la circonférence du cercle dont le rayon eſt r & $\frac{cr}{4}$. $\frac{r}{2}$, ou $\frac{crr}{8}$ ſera la ſurface du quart de cercle, donc ſi on multiplie cette quantité par $2aa + rr$, & qu'on la double, on aura la quantité oſcillatoire du cercle entier $\frac{1}{2}a^2r^2c + \frac{1}{4}cr^4$.

XXXIV. L'on peut maintenant trouver auſſi la quantité oſcillatoire d'un ſegment de ſphère B H b B, oſcillant autour d'un axe I A G perpendiculaire au plan ou à la baſe de ce ſegment; ſoit I S = AC = a, S O = b, C H = u, C B = $\sqrt{(2bu - uu)}$; en ſubſtituant à la place de r^2 dans l'expreſſion $\frac{1}{2}a^2r^2c + \frac{1}{2}cr^4$ ſa valeur $2bu - uu$, & à la place de r^4 ſa valeur $4b^2u^2 - 4bu^3 + u^4$, on aura $a^2cbu - \frac{1}{2}a^2cuu + bbcu^2 - bcu^3 + \frac{1}{4}cu^4$, quantité oſcillatoire du cercle qui ſert de baſe au ſegment; multipliant par du & intégrant on aura $\frac{1}{2}ca^2bu^2 - \frac{1}{6}ca^2u^3 + \frac{1}{3}cb^2u^3 - \frac{1}{4}cbu^4 + \frac{1}{20}cu^5$ pour la quantité oſcillatoire du ſegment propoſé. Fig. 113

Pour avoir la diſtance du centre d'oſcillation au point A, c'eſt-à-dire la longueur A X,

la quantité oſcillatoire doit être diviſée par le moment, c'eſt-à-dire par le produit de AC & de la maſſe ou ſolidité du ſegment.

La ſurface du ſegment de ſphère eſt égale à CH, multipliée par la circonférence cb d'un grand cercle de la ſphère, c'eſt-à-dire cub, la ſolidité d'un ſecteur ſphérique SBHbS eſt égale à cette ſurface multipliée par le tiers du rayon ou $\frac{1}{3}b^2cu$; la ſolidité du cône BSb qu'il en faut retrancher, eſt égale à la ſurface du cercle qui lui ſert de baſe, multipliée par le tiers de ſa hauteur SC $(b-u)$; $1 : c = \sqrt{(2bu-uu)} : c\sqrt{(2bu-uu)}$ circonférence du cercle Bb, qui, multiplié par $\frac{1}{2}\sqrt{(2bu-uu)}$ donne $\frac{c}{2}(2bu-uu)$; multipliant encore par $\frac{1}{3}(b-u)$ on a $\frac{1}{3}cb^2u-\frac{1}{2}bcu^2+\frac{1}{6}cu^3$, qui, retranché de la ſolidité du ſecteur $\frac{1}{3}b^2cu$, donne $+\frac{1}{2}bcu^2-\frac{1}{6}cu^3$; diviſant donc l'intégrale ci-deſſus, par $\frac{1}{2}abcu^2-\frac{1}{6}acu^3$ on a $(\frac{1}{2}ca^2bu^2-\frac{1}{6}ca^2u^3+\frac{1}{3}cb^2u^3-\frac{1}{4}cbu^4+\frac{1}{20}cu^5) : a(\frac{1}{2}cbu^2-\frac{1}{6}cu^3)$, diviſant le numérateur & le dénominateur de cette fraction par cu^2, & multipliant par 2, on a $(a^2b-\frac{1}{3}a^2u+\frac{2}{3}b^2u-\frac{1}{2}bu^2+\frac{1}{10}u^3) : ab-\frac{1}{3}au$, ou $\frac{a^2b-\frac{1}{3}a^2u}{ab-\frac{1}{3}au}+\frac{\frac{2}{3}b^2u-\frac{1}{2}bu^2+\frac{1}{10}u^3}{ab-\frac{1}{3}au}=a+\frac{\frac{2}{3}b^2u-\frac{1}{2}bu^2+\frac{1}{10}u^3}{ab-\frac{1}{3}au}$ qui eſt l'expreſſion cherchée.

XXXV. Mais comme il eſt plus commode de n'avoir à employer que le rayon de la baſe du ſegment, au lieu de celui de la ſphère entiere, il faudra transformer cette expreſſion de la maniere ſuivante : ſoit $BC = r$, le triangle BCS donne $bb = rr + (b - u)^2$, donc $b = \frac{rr + uu}{2u}$, ſubſtituant cette valeur dans la fraction précédente, on a le numérateur $\frac{2}{3}u\frac{(r^4 + 2r^2u^2 + u^4)}{4u^2} - \frac{1}{2}rru - \frac{1}{4}u^3 + \frac{1}{10}u^3$, & le dénominateur ſera $\frac{arr + auu - \frac{2}{3}au^3}{2n}$, multipliant l'un & l'autre par $2u$, & réduiſant, on aura $\frac{\frac{1}{3}r^4 + \frac{2}{3}r^2u^2 + \frac{1}{3}u^4 - r^2u^2 - \frac{1}{10}u^4}{a(rr + \frac{1}{3}uu)} = \frac{\frac{1}{3}r^4 + \frac{1}{6}r^2u^2 + \frac{1}{30}u^4}{a(rr + \frac{1}{3}uu)}$

Cette fraction ajoûtée à a donne la longueur du pendule ſimple cherché, ou la diſtance A X du centre d'oſcillation au centre de ſuſpenſion.

EXEMPLE.

Je ſuppoſe une lentille de $7^{pou.}\ 2^{lig.}\ \frac{1}{2}$ de diametre, & de 13^{lig} d'épaiſſeur, la diſtance AC $36^{pou.}\ 8^{lig.}\ 57$. on demande de combien le centre d'oſcillation X ſera au-deſſous du centre de gravité C de la lentille, en ſe ſervant des logarithmes. Pour abréger l'opération, & réduiſant tout en lignes, on aura $\frac{1}{3}r^4 = 1166334.6$; $\frac{1}{6}r^2u^2 = 13171.9$, $\frac{1}{30}u^4 = 59,5$; $\frac{1}{3}uu = 14.08$, $rr + \frac{1}{3}uu = 1884.64$, & la fraction totale 1.4206, c'eſt-à-dire preſque une ligne & demie.

XXXVI. Nous allons maintenant appliquer le précepte de l'Art. XXXI. à un pendule composé d'une lentille & d'un canon de métal tel
Fig. 7. que le pendule K G (*Fig.* 7.) & ſemblable à celui dont il a été parlé Pag. 290. pour cela je ſuppoſe la même lentille que dans l'Art. précédent, & un cylindre F X de même métal, qui ait 8 lignes de diametre, & de hauteur 33 pouces une ligne $\frac{7}{100}$, ſuſpendu par le centre de ſa baſe ſupérieure; la diſtance K E de ſon centre d'oſcillation ſera 22 pouces $0^{lig.}$ 730, la ſolidité du cylindre 19958, 96 lignes cubiques; celle de la lentille 38485, 90 lignes cubiques, (on pourroit ſe contenter de les péſer ſéparément, au lieu de calculer les ſolidités comme je viens de le faire;) la diſtance K C du centre de gravité de la lentille $440^{lig.}$ 57, la diſtance K O de ſon centre d'oſcillation $441^{lig.}$ 99; ainſi $\frac{KE.KD.C}{KD.C+KC.S} = 50^{lig.}$ 15, & $\frac{KO.KC.S}{KD.C+KC.S} = 358^{lig.}$ 26, donc les deux enſemble feront $408^{lig.}$ 41, c'eſt la diſtance K Y du centre d'oſcillation du pendule, compoſé de la lentille & du cylindre: par conſéquent le centre d'oſcillation Y, ſera au-deſſus du centre C de la lentille de $32^{lig.}$ 16.

XXXVII. Ce que l'on a vû de la durée & de l'iſochroniſme des petites oſcillations du pendule, Art. XI. & XII. ſuppoſe des arcs qui ſoient infiniment

finiment petits; & quand on aſſigne la longueur du pendule ſimple qui bat les ſecondes, il faut toujours entendre que ce pendule ne décrit que des arcs très-petits, c'eſt-à-dire des arcs que l'on doit ſuppoſer plus petits que toute quantité aſſignable.

Si les arcs que décrira ce pendule viennent à avoir une certaine étendue; le pendule qui faiſoit 3600 vibrations par heure, retardera & en fera moins, de ſorte que le pendule à ſecondes qui décrit des arcs infiniment petits, eſt plus long que celui qui bat les ſecondes, en décrivant des arcs d'une grandeur déterminée.

Pour donner une idée de cette différence, j'ai conſtruit la Table ſuivante où l'on voit de combien de ſecondes par jour on peut faire retarder le véritable pendule à ſecondes ſans changer ſa longueur, ſuivant l'étendue des arcs qu'on lui fera décrire.

Arcs décrits de chaque côté de la perpendiculaire.	Longueur de chaque demi-oſcillation en lignes & en décimales de ligne.	Quantité dont le pendule retardera par jour.
5° ...0′ ..0″	38 lig. 432	41″148
4....0...0	30.....745	26,352
3....0...0	23.....059	14,796
2....0...0	15.....372	6,588
1....0...0	7.....686	1,647
0...30...0	3.....843	0,412
0...15...0	1.....921	0,103
0....1...0	0.....128	0,0004
0....0...1″	0.....002	0,0000001 ou une ſeconde en 21500 ans.

XXXVIII. Voici la méthode que j'ai ſuivie dans le calcul de cette table que l'on pourra continuer à volonté.

Je ſuppoſe un principe demontré par les approximations que la Geomettrie ſublime nous fournit, ſçavoir que le tems ou la durée *d'une oſcillation augmente par l'étendue des arcs, de ſa huitieme partie multipliée par le ſinus verſe ou hauteur de l'arc ;* ainſi je commence par calculer les ſinus verſes des petits arcs en ſuppoſant qu'ils diminuent comme le quarré des arcs, par exemple, le ſinus verſe de 4°. étant 0, 00249. celui de 2°. eſt 0, 00061. & allant de ſuitte ſuivant la proportion des quarrés on trouve que celui de 15′. eſt 0, 0000095 3125. on n'a qu'à ajouter cette fraction avec la huitieme partie d'une ſeconde, & multiplier le tout par 86400″. c'eſt-à-dire autant qu'il y a de ſecondes dans 24 heures, on aura 0″. 1029375. le pendule retardera donc environ de la dixieme partie d'une ſeconde par jour, ou d'une ſeconde en dix jours, en décrivant des arcs de 15′ de chaque côté de la perpendiculaire, ou une ligne & 9 dixiemes, c'eſt-à-dire en tout un eſpace d'environ 4 lignes, il eſt facile dans la pratique de faire des horloges à pendule dont le balancier ne décrive pas de plus grands eſpaces.

Au reſte les petits calculs que je viens d'indiquer ne ſçauroient guères ſe faire commodement

à moins qu'on ne connoiſſe bien la nature des logarithmes & des fractions décimales.

XXXIX. La Table que l'on vient de voir, fournit dans les horloges à pendule un moyen de vérifier la bonté d'un échapement à repos, de ſçavoir ſi la force & la vîteſſe qu'il reſtitue à l'ancre n'eſt point trop grande ou trop petite, & ſi elle eſt diſtribuée avec uniformité; car qu'un pendule à ſecondes dans ſon état naturel, avec un poids fort léger, décrive des arcs entiers de deux pouces & demi, & que l'horloge ſoit bien reglée, dans cet état on peut en doublant & triplant le poids, ou en la nétoyant, & y mettant beaucoup d'huile, faire décrire des arcs doubles, c'eſt-à-dire de 5 pouces, alors ſuivant la table elle devra retarder de 20″ par jour, puiſque de 6″ à 26″, il y a 20″ de différence; ſi elle ne retarde ni plus ni moins, c'eſt une marque que l'échappement conſerve au pendule toute ſa liberté, qu'il ne lui reſtitue préciſément que ce qu'il perdroit par le frottement & la réſiſtance de l'air, & que le pendule ſe meut étant appliqué à l'horloge de la même maniere que s'il oſcilloit librement & dans le vuide.

XL. On a vû cy-deſſus la maniére de trouver par expérience la longueur du pendule ſimple, qui fait 3600 vibrations par heure ou qui bat les ſecondes; mais après l'avoir trouvé il y a encore pluſieurs réductions à faire comme l'a obſervé

M. *Bouguer* dans le livre qui a pour titre *la figure de la Terre*. 1°. A raiſon de la hauteur du lieu où l'on obſerve au-deſſus de la ſurface de la terre ; 2°. à cauſe de la peſanteur plus ou moins grande de l'air à cette hauteur ; 3°. eû égard à la chaleur du lieu, 4°. pour raiſon de la force centrifuge qui eſt produite par le mouvement diurne de la terre autour de ſon axe ; 5°. par l'effet de la réſiſtance de l'air qui diminue la vîteſſe du pendule ; 6°. j'y ajouterai encore une réduction qui dépend de la grandeur des arcs que l'on fait décrire au pendule d'expérience.

XLI. Dans un lieu plus élevé & par conſéquent plus éloigné du centre de la terre, la force accélératrice diminue autant que le quarré de la diſtance augmente, ainſi le même pendule ayant moins de gravité fera des oſcillations moins promptes ; le pendule à ſecondes y ſera donc plus court qu'ailleurs, parce qu'il faudra le racourcir pour accélerer ſes vibrations qui étoient ralenties par l'éloignement.

Ainſi M. Bouguer en 1737 ayant obſervé ſur le ſommet du Pichincha, c'eſt-à-dire 2434 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, la longueur du pendule $36^{pou.}\ 6^{lig.}\ 7$. il en a conclu qu'au niveau de la mer il auroit été de $36^{pou.}\ 7^{lig.}\ 07$. c'eſt-à-dire plus long de $\frac{37}{100}$ de ligne, ce que l'expérience a confirmé à peu de choſe près.

XLII. La peſanteur de l'air diminue la peſan-

teur des autres corps, c'eſt-à-dire leur tendance & leur effort vers le centre de la terre, en en ſoutenant une partie, de la même maniere que l'eau ſoutient les corps qui nagent à ſa ſurface, ainſi un pendule qui oſcille dans l'air eſt plus leger que s'il oſcilloit dans le vuide, par conſéquent Art. XX. il fait moins de vibrations, & il les fait plus lentement; il faudroit donc allonger le pendule qui bat les ſecondes dans l'air, ſi on le tranſportoit dans le vuide, parce que ſes vibrations y ſeroient trop promptes; dans le cas précédent le pendule perdoit $\frac{1}{11000}$ de ſa peſanteur, à cauſe du poids de l'air, d'où on conclut ſuivant les principes établis cy-deſſus, qu'il a fallu y ajouter $\frac{4}{100}$ de ligne.

XLIII. Quant à la chaleur du lieu on ſçait qu'une barre de fer de 3 pieds s'allonge d'environ de $\frac{2}{100}$ de ligne pour 3 degrés de chaleur ſur le Thermomettre de M. de Reaumur, ainſi pour pouvoir comparer des réſultats il faut réduire toutes les expériences que l'on fait, à une température moyenne, comme celle de 10 degrés; or ſur le Pichincha le froid étant plus grand, la regle de fer qui ſervoit à meſurer le pendule s'étoit racourcie de $\frac{5}{100}$ ou $0^{lig.}$ 05. elle faiſoit donc paroître le pendule à ſecondes trop long de la même quantité, & il faut en ôter cette quantité pour le réduire à ce qu'on auroit trouvé ſi le Thermomettre eût été à 10 degrés.

XLIV. Par rapport à la force centrifuge, M. Hughens a fait voir le premier de combien le mouvement de la terre ſur ſon axe diminuoit la peſanteur des corps, ou leur tendance au centre de la terre ; ſuppoſons que le cercle A G C L (*Fig.* 4.) repréſente le globe de la terre qui tourne avec une rapidité extrême de droit à gauche ; un corps qui ſe trouve en A acquiert en tournant une force centrifuge par laquelle il iroit de A en M en s'éloignant de la terre, & s'éléveroit de la quantité M L ſi la force de la terre qui eſt incomparablement plus grande ne le retenoit à ſa ſurface ; cette force de la terre eſt donc un peu diminuée par cet effort en ſens contraire ſuivant L M, ainſi un corps qui en tombant parcourt en une ſeconde $15^{pi.}\ 7^{lig.}\ 41$ par la force de la peſanteur parcouroit $15^{pi}\ 1^{pou.}\ 2^{lig.}\ 95$. c'eſt-à-dire $7^{lig.}\ 54$ de plus, ſi la force centrifuge ne diminuoit ſa peſanteur, parce que la ligne M L eſt de 7 lignes, pour l'arc A L que la terre parcourt en une ſeconde de tems, c'eſt-à-dire pour 1435 pieds ; Si l'eſpace décrit en une ſeconde par les corps graves étoit $15^{pi.}\ 1^{pou.}\ 2^{lig.}\ 95$. le pendule à ſecondes ſeroit $36^{pou.}\ 8^{lig.}\ 74$. comme on peut le conclure de l'article XIII. & il deviendroit plus grand de $1^{lig.}\ 53$. mais comme l'eſpace A L que parcourent les corps ſur la terre en une ſeconde par le mouvement diurne, devient plus petit en approchant des pôles, & par con-

Fig. 4.

ſéquent auſſi M L, effet de la force centrifuge, cette quantité de $1^{lig.}$ 53. dont le pendule à ſecondes doit être augmenté à l'Equateur, diminue comme le quarré du coſinus de la latitude; elle ne ſera au Cap de Bonne Eſperance que de $1^{lig.}$ 04. à Paris de $0^{lig.}$ 67. & en Laponie de $0^{lig.}$ 24. Il faut donc abſolument corriger les longueurs obſervées dans chaque pays pour les réduire à une même circonſtance, c'eſt-à-dire au cas où la terre ſeroit immobile, pour les dégager d'un effet qui eſt variable ſuivant les lieux, & pour les avoir, affectés de la ſeule différence de peſanteur qui provient de la denſité de la terre, de ſon applatiſſement, & des directions de la peſanteur.

XLV. La réſiſtance de l'air paroîtroit du premier coup d'œil devoir changer beaucoup la nature & la durée des oſcillations, ſoit par le frottement de ſes parties, ſoit par le déplacement continuel d'un volume d'air égal à l'eſpace qu'occupe le pendule; mais cet effet eſt bien plus petit qu'on ne le croiroit.

Il eſt vrai que cette réſiſtance contribue à détruire le mouvement du pendule & à le ramener à l'état de repos; en un quart-d'heure par exemple, le pendule qui décrit des arcs de deux pouces, ſera réduit à un pouce; il faudroit quelques minutes de plus ſi c'étoit dans un lieu élevé où l'air fut plus léger & plus rare.

La durée d'une demi-oſcillation deſcendante eſt un peu augmentée, mais la durée de la demi-oſcillation aſcendante eſt diminuée d'autant, de ſorte que la durée totale reſte la même ſans aucune différence ſenſible ; & quoique l'étendue des oſcillations ou des arcs décrits aille toujours en diminuant en progreſſion géométrique, comme l'a obſervé M. Bouguer, la différence entre la durée d'une oſcillation & la durée qu'elle auroit dans le vuide, eſt encore la même & n'éprouve pas de changement ſenſible. Le pendule s'éleve moins haut qu'il ne feroit dans le vuide ; mais je ſuppoſe qu'il ait deux pouces à parcourir de chaque côté, pour lors après avoir parcouru un pouce en montant, il aura un peu plus de vîteſſe que ſi étant dans le vuide, il ne lui reſtoit qu'un pouce à parcourir, parce qu'il lui en reſtera aſſez pour vaincre la réſiſtance qu'il éprouvera ſur la longueur d'un pouce ; de même en deſcendant il aura un peu moins de vîteſſe dans chaque point qu'il n'en auroit acquis dans le vuide après avoir parcouru le même eſpace, & cette diminution ſera d'une quantité égale à l'augmentation de l'arc aſcendant.

Cette égalité ſubſiſtera entre l'augmentation de la vîteſſe aſcendante & la diminution de la vîteſſe deſcendante quelle que ſoit la loi des réſiſtances du milieu, pourvû que les quantités dont la vîteſſe eſt augmentée & diminuée ſoient très-petites,

très-petites, car tout ceci n'eſt qu'une approximation, d'où il réſulte cependant qu'il n'y a aucune correction à faire à cet égard dans la longueur du pendule.

XLVI. Reſte enfin la correction qui dépend de l'étendue des arcs que l'on fait décrire au pendule d'expérience; perſonne que je ſçache n'a fait entrer cette conſidération dans le calcul des longueurs du pendule ſimple, cependant il eſt ſûr par ce qui a été dit Art. XX. qu'un pendule quoiqu'il faſſe 3600 vibrations par heure, s'il décrit des arcs ſeulement de deux pouces, n'eſt pas le véritable pendule à ſecondes (dont les arcs devroient être infiniment petits) mais qu'il retarde par jour de $4\frac{1}{2}$ ſecondes, par conſéquent, ſi l'on diminuoit l'étendue de ſes arcs, il avanceroit de $4\frac{1}{2}$ ſecondes par jour; il eſt donc trop court de $\frac{45}{1000}$ de ligne; ſi les arcs étoient de 4 pouces, il faudroit augmenter la longueur du pendule de $0^{lig.}\ 16$, ou $\frac{16}{100}$ de ligne.

En ajoûtant cette quantité à la longueur du pendule d'expérience meſuré avec la toiſe, l'on aura enfin la longueur du pendule ſimple, dégagée de toutes les circonſtances variables, c'eſt-à-dire, 1°. Dont toute la péſanteur eſt réduite en un ſeul point. 2°. Sans aucune réſiſtance à ſon mouvement. 3°. A la hauteur du niveau de la mer, lorſqu'elle eſt dans un état moyen entre le

flux & le reflux. 4°. Dans le vuide parfait. 5°. Dans une température de chaleur égale à celle des caves de l'Obſervatoire. 6°. La terre étant ſuppoſée immobile. 7°. Le pendule décrivant des arcs infiniment petits.

XLVII. Nous finirons par un petit éclairciſſement ſur la Table des longueurs du pendule, que l'on trouvera à la fin de ce Livre, pag. xx. dont nous avons expliqué le principe & la conſtruction dans l'Art. XVIII.

Il n'eſt perſonne qui ne comprenne l'uſage des fractions décimales qu'on a employées dans cette Table, & dans tout le cours de cet Ouvrage, pour plus grande facilité, & pour éviter le calcul des fractions ordinaires qui eſt plus compliqué.

Les fractions décimales ſe traitent abſolument comme les nombres ordinaires; par exemple, $5^{lg.}\ 32$, ſignifie 5 lignes & $\frac{32}{100}$ (ou 32 centiémes) de ligne, ou $\frac{532}{100}$, c'eſt-à-dire 532 centiémes de ligne; ſi l'on vouloit multiplier & enſuite diviſer cette quantité par une autre, on les réduiroit en centiémes, on feroit l'opération de la même maniere que ſi c'étoient des nombres entiers, en ſe ſouvenant ſeulement à la fin de l'opération, que ce ſont des centiémes & non pas des unités dont il s'agit; mais s'il n'y a qu'une ſeule multiplication ou une ſeule diviſion à faire, il faudra faire attention à ce

qui doit en provenir : par exemple des centiémes multipliées par des dixiémes, donnent évidemment des milliémes, puiſque ſi vous prenez la dixiéme partie d'un centiéme, ou la centiéme partie d'un dixiéme, vous aurez un milliéme, & ainſi des autres, il ſuffit pour cela d'un inſtant de réfléxion.

Lorſqu'une Pendule eſt faite, comme il y a néceſſairement une roüe pour les heures & une pour les minutes, dont on ne ſçauroit changer les révolutions, l'on ſçait combien doit durer la révolution de la derniere roüe, & combien le pendule doit faire de vibrations par heure ; alors en conſultant la Table, on y trouvera ſa longueur.

Par exemple, je ſuppoſe que dans la Pendule dont on a vû la deſcription pag. 96. la derniere roüe, qui doit néceſſairement tourner en une demie minute, ait 25 dents, chaque dent agiſſant ſucceſſivement ſur les deux bras de l'échapement, doit produire deux vibrations, il y aura donc 6000 vibrations par heure à quoi répondent dans la Table 11 pouces $2\frac{3}{5}$ lignes.

Mais ſi l'on a un pendule de longueur donnée, & qu'on veuille l'appliquer à un roüage déja fait, il faut obſerver que la choſe eſt impoſſible ſi la longueur du pendule eſt telle qu'il en réſulte un nombre rompu, ou un nombre impair, ou un nombre qui ſuppoſe trop ou trop

peu de dents à la roüe d'échapement; ſi au contraire la queſtion eſt poſſible, on la réſoudra au moyen de la Table, & d'une partie proportionelle; ainſi pour un pendule de 18 pouces $8^{lig.}$ 84, la roüe d'échapement devra avoir 21 dents.

Si ce pendule étoit d'environ $27\frac{1}{2}$ pieds, ne pouvant faire que 1200 vibrations par heure, il eſt clair que la roüe d'échapement ne pourroit avoir que 5 dents; ſi l'on vouloit lui en donner 10 & la faire tourner en une minute, il faudroit changer quelque choſe dans le reſte du roüage; on choiſiroit, par exemple, de diminuer de moitié le nombre des dents de la roüe de longue-tige, de diminuer la petite roüe moyenne & la roüe de longue-tige, chacune d'un quart, d'augmenter les pignons, de faire marquer les minutes par un renvoi de cadrature, comme dans les Pendules à ſecondes, ou enfin de diviſer le cadran en 120 parties au lieu de 60. Ce ne ſont ici que des exemples, propres à faire concevoir la méthode & les procédés de ces petits calculs que l'on peut varier ſuivant les circonſtances.

Fin de la Seconde Partie.

TABLES

TABLES
DU TEMS MOYEN
AU MIDI VRAI;

C'eſt-à-dire de l'heure que doit marquer chaque jour à midi, une Pendule exactement réglée ſur le tems moyen.

La premiere Table eſt pour l'année 1756, & ſervira de même, ſans aucune erreur, pour toutes les années biſſextilles, telles que 1760, 1764, 1768, &c.

La ſeconde, eſt pour l'année 1757, & ſervira pour toutes les années qui ſuivront les biſſextiles, telles que 1761, 1765, 1769, &c.

La troiſiéme, eſt pour l'année 1758, elle conviendra aux années moyennes, telles que 1762, 1766, 1770, &c.

La quatriéme, eſt pour l'année 1759, elle ſe retrouve dans toutes les années qui précedent les années biſſextilles, telles que 1755, 1759, 1763, 1767, &c.

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff.	FEVRIER. H. M. S.	Diff.	MARS. H. M. S.	Diff.
1	0..3.55	28	0.14..3	7	0.12.34	13
2	0..4.27	27	0.14.10	7	0.12.21	13
3	0..4.54	27	0.14.17	6	0.12..8	13
4	0..5.21	27	0 14.23	5	0.11.55	14
5	0..5.48	27	0 14.28	4	0.11.41	15
6	0 .6.15	27	0.14.32	3	0 11.26	15
7	0..6.42	26	0.14.35	3	0.11.11	15
8	0..7 .8	25	0.14.38	2	0.10.56	16
9	0..7.33	25	0.14 40	1	0 10.40	16
10	0..7.58	24	0.14.41	0	0.10.24	16
11	0..8 22	23	0.14.41	0	0.10..8	17
12	0..8.45	23	0.14.41	1	0..9.51	17
13	0..9..8	22	0.14.40	2	0..9.34	17
14	0..9.30	21	0.14.38	3	0..9.17	17
15	0..9.51	21	0.14.35	4	0..9..0	18
16	0.10.12	20	0.14.31	4	0..8.42	18
17	0.10.32	20	0.14.27	5	0..8.24	18
18	0.10.52	19	0.14.22	5	0..8..6	18
19	0.11.11	18	0.14.17	6	0..7.48	18
20	0.11.29	17	0.14.11	7	0..7.30	18
21	0.11.46	16	0.14..4	8	0..7.12	19
22	0.12..2	16	0.13.56	8	0..6.53	19
23	0.12.18	15	0.13.48	9	0..6.34	19
24	0.12.33	14	0.13.39	9	0..6.15	19
25	0.12.47	13	0.13.30	10	0..5.56	19
26	0.13..0	13	0.13.20	10	0..5.37	19
27	0.13.13	12	0.13.10	11	0..5.18	18
28	0.13.25	11	0.12.59	12	0..5..0	18
29	0.13.36	10	0.12.47	13	0..4.42	18
30	0.13.46	9	.....		0..4.24	18
31	0.13.55	8	.....		0..4..6	18

Jours.	Avril. H. M. S.	Diff.	May. H. M. S.	Diff.	Juin. H. M. S.	Diff.
1	0..3.48	18	11.56.48	7	11.57.23	9
2	0..3.30	18	11.56.41	7	11.57.32	10
3	0..3.12	18	11.56.34	6	11.57.42	10
4	0..2.54	18	11.56.28	6	11.57.52	10
5	0..2.36	18	11.56.22	5	11.58..2	10
6	0..2.18	18	11.56.17	4	11.58.12	11
7	0..2..0	18	11.56.13	4	11.58.23	11
8	0..1.42	17	11.56..9	3	11.58.34	12
9	0..1.25	16	11.56..6	3	11.58.46	12
10	0..1..9	16	11.56..3	2	11.58.58	12
11	0..0.53	16	11.56..1	2	11.59.10	12
12	0..0.37	16	11.55.59	1	11.59.22	12
13	0..0.21	15	11.55.58	0	11.59.34	12
14	0..0..6	15	11.55.58	0	11.59.46	12
15	11.59.51	15	11.55.58	1	11.59.58	13
16	11.59.36	15	11.55.59	1	0..0.11	13
17	11.59.21	14	11.56..0	2	0..0.24	13
18	11.59..7	13	11.56..2	3	0..0.37	13
19	11.58.54	13	11.56..5	3	0..0.50	13
20	11.58.41	13	11.56..8	3	0..1..3	13
21	11.58.28	12	11.56.11	4	0..1.16	13
22	11.58.16	12	11.56.15	5	0..1.29	13
23	11.58..4	11	11.56.20	5	0..1.42	13
24	11.57.53	11	11.56.25	6	0..1.55	13
25	11.57.42	10	11.56.31	6	0..2..8	12
26	11.57.32	10	11.56.37	6	0..2.20	12
27	11.57.22	9	11.56.43	7	0..2.32	12
28	11.57.13	9	11.56.50	8	0..2.44	12
29	11.57..4	8	11.56.58	8	0..2.56	12
30	11.56.56	8	11.57..6	8	0..3..8	11
31	.....		11.57.14	9	.....	

Jours.	Juillet. H. M. S.	Diff.	Aoust. H. M. S.	Diff.	Septembre. H. M. S.	Diff.
1	0..3.19	11	0..5.46	4	11.59.33	19
2	0..3.30	11	0..5.42	4	11.59.14	19
3	0..3.41	11	0..5.38	5	11.58.55	19
4	0..3.52	11	0..5.33	6	11.58.36	20
5	0..4..3	10	0..5.27	7	11.58.16	20
6	0..4.13	10	0..5.20	7	11.57.56	20
7	0..4.23	9	0..5.13	7	11.57.36	20
8	0..4.32	9	0..5..6	8	11.57.16	20
9	0..4.41	8	0..4.58	9	11.56.56	20
10	0..4.49	8	0..4.49	10	11.56.36	21
11	0..4.57	8	0..4.39	10	11.56.15	21
12	0..5..5	7	0..4.29	10	11.55.54	21
13	0..5.12	7	0..4.19	10	11.55.33	21
14	0..5.19	6	0..4..9	11	11.55.12	21
15	0..5.25	6	0..3.58	12	11.54.51	21
16	0..5.31	5	0..3.46	13	11.54.30	21
17	0..5.36	5	0..3.33	13	11.54..9	21
18	0..5.41	4	0..3.20	13	11.53.48	21
19	0..5.45	3	0..3..7	14	11.53.27	20
20	0..5.48	3	0..2.53	15	11.53..7	20
21	0..5.51	3	0..2.38	15	11.52.47	20
22	0..5.54	2	0..2.23	15	11.52.27	20
23	0..5.56	1	0..2..8	16	11.52..7	20
24	0..5.57	1	0..1.52	16	11.51.47	20
25	0..5.58	0	0..1.36	16	11.51.27	20
26	0..5.58	0	0..1.20	17	11.51..7	20
27	0..5.58	1	0..1..3	17	11.50.47	20
28	0..5.57	2	0..0.46	18	11.50.27	19
29	0..5.55	2	0..0.28	18	11.50..8	19
30	0..5.53	3	0..0.10	18	11.49.49	19
31	0..5.50		11.59.52		.....	

Jours.	Octobre. H. M. S.	Diff.	Novembre. H. M. S.	Diff.	Decembre. H. M. S	Diff.
1	11.49.30	19	11.43.51	1	11.49.42	24
2	11.49.11	19	11.43.50	0	11.50..6	24
3	11.48.52	18	11.43.50	1	11.50.30	25
4	11.48.34	18	11.43.51	2	11.50.55	25
5	11.48.16	17	11.43.53	3	11.51.20	26
6	11.47.59	17	11.43.56	4	11.51.46	26
7	11.47.42	17	11.44..0	5	11.52.12	27
8	11.47.26	16	11.44..5	6	11.52.39	27
9	11.47.10	15	11.44.11	7	11.53..6	28
10	11.46.55	15	11.44.18	7	11.53.34	28
11	11.46.40	14	11.44.25	9	11.54..2	28
12	11.46.26	14	11.44.34	9	11.54.30	29
13	11.46.12	13	11.44.43	10	11.54.59	29
14	11.45.59	12	11.44.53	10	11.55.28	29
15	11.45.47	12	11.45..3	11	11.55.57	29
16	11.45.35	12	11.45.14	12	11.56.26	30
17	11.45.23	12	11.45.26	13	11.56.56	30
18	11.45.11	11	11.45.39	14	11.57.26	30
19	11.45..0	10	11.45.53	15	11.57.56	30
20	11.44.50	9	11.46..8	16	11.58.26	30
21	11.44.41	8	11.46.24	17	11.58.56	30
22	11.44.33	7	11.46.41	17	11.59.26	30
23	11.44.26	7	11.46.58	18	11.59.56	30
24	11.44.19	6	11.47.16	19	0..0.26	30
25	11.44.13	6	11.47.35	20	0..0.56	30
26	11.44..7	5	11.47.55	20	0..1.26	30
27	11.44..2	4	11.48.15	21	0..1.56	30
28	11.43.58	3	11.48.36	21	0..2.26	29
29	11.43.55	2	11.48.57	22	0..2.55	29
30	11.43.53	1	11.49.19	23	0..3.24	29
31	11.43.52	1	.....		0..3.53	29

Jours.	Janvier. H. M. S.	Diff.	Fevrier. H. M. S.	Diff.	Mars. H. M. S.	Diff.
1	0..4.20	28	0.14..9	7	0.12.37	13
2	0..4.48	27	0.14.16	6	0.12.24	13
3	0..5.15	27	0.14.22	5	0.12.11	13
4	0..5.42	27	0.14.27	5	0.11.58	14
5	0..6..9	26	0.14.32	3	0.11.44	15
6	0..6.35	26	0.14.35	3	0.11.29	14
7	0..7..1	26	0.14.38	2	0.11.15	16
8	0..7.27	25	0.14.40	1	0.10.59	15
9	0..7.52	24	0.14.41	1	0.10.44	16
10	0..8.16	23	0.14.42	0	0.10.28	16
11	0..8.39	23	0.14.42	1	0.10.12	17
12	0..9..2	23	0.14.41	2	0..9.55	17
13	0..9.25	21	0.14.39	3	0..9.38	17
14	0..9.46	21	0.14.36	3	0..9.21	17
15	0.10..7	21	0.14.33	4	0..9..4	18
16	0.10.28	19	0.14.29	5	0..8.46	17
17	0.10.47	19	0.14.24	6	0..8.29	18
18	0.11..6	19	0.14.18	6	0..8.11	19
19	0.11.25	17	0.14.12	7	0..7.52	18
20	0.11.42	17	0.14..5	7	0..7.34	18
21	0.11.59	15	0.13.58	8	0..7.16	18
22	0.12.14	16	0.13.50	9	0..6.58	19
23	0.12.30	14	0.13.41	9	0..6.39	19
24	0.12.44	13	0.13.32	10	0..6.20	19
25	0.12.57	13	0.13.22	11	0..6..1	18
26	0.13.10	12	0.13.11	11	0..5.43	19
27	0.13.22	11	0.13..0	11	0..5.24	18
28	0.13.33	10	0.12.49	12	0..5..6	19
29	0.13.43	9	.....		0..4.47	19
30	0.13.52	9	.....		0..4.28	18
31	0.14..1		.....		0..4.10	

Jours.	Avril. H. M. S.	Diff.	May. H. M. S.	Diff.	Juin. H. M. S.	Diff.
1	0..3.51	18	11.56.50	8	11.57.21	9
2	0..3.33	17	11.56.42	6	11.57.30	9
3	0..3.16	19	11.56.36	7	11.57.39	10
4	0..2.57	18	11.56.29	5	11.57.49	10
5	0..2.39	18	11.56.24	6	11.57.59	11
6	0..2.21	17	11.56.18	4	11.58.10	10
7	0..2..4	18	11.56.14	4	11.58.20	12
8	0..1.46	16	11.56.10	3	11.58.32	11
9	0..1.30	17	11.56..7	3	11.58.43	12
10	0..1.13	16	11.56..4	2	11.58.55	12
11	0..0.57	16	11.56..2	2	11.59..7	12
12	0..0.41	16	11.56..0	1	11.59.19	12
13	0..0.25	16	11.55.59	1	11.59.31	12
14	0..0..9	15	11.55.58	0	11.59.43	13
15	11.59.54	15	11.55.58	1	11.59.56	13
16	11.59.39	14	11.55.59	1	0..0..9	12
17	11.59.25	13	11.56..0	2	0..0.21	13
18	11.59.12	13	11.56..2	2	0..0.34	13
19	11.58.59	14	11.56..4	3	0..0.47	13
20	11.58.45	14	11.56..7	3	0..1..0	13
21	11.58.31	12	11.56.10	4	0..1.13	13
22	11.58.19	12	11.56.14	5	0..1.26	13
23	11.58..7	12	11.56.19	5	0..1.39	12
24	11.57.55	10	11.56.24	5	0..1.51	13
25	11.57.45	11	11.56.29	6	0..2..4	13
26	11.57.34	10	11.56.35	7	0..2.17	12
27	11.57.24	9	11.56.42	7	0..2.29	12
28	11.57.15	9	11.56.49	7	0..2.41	12
29	11.57..6	9	11.56.56	8	0..2.53	11
30	11.56.57		11.57..4	8	0..3..5	
31	.....		11.57.12		.....	

Jours.	JUILLET. H. M. S.	Diff.	AOUST. H. M. S.	Diff.	SEPTEMBRE. H. M. S.	Diff.
1	0..3.17	11	0..5.47	4	11.59.37	18
2	0..3.28	11	0..5.43	4	11.59.19	19
3	0..3.39	11	0..5.39	5	11.59..0	20
4	0..3.50	10	0..5.34	6	11.58.40	19
5	0..4..0	10	0..5.28	6	11.58.21	20
6	0..4.10	10	0..5.22	7	11.58..1	20
7	0..4.20	9	0..5.15	7	11.57.41	20
8	0..4.29	9	0..5..8	8	11.57.21	21
9	0..4.38	9	0..5..0	9	11.57..0	20
10	0..4.47	8	0..4.51	9	11.56.40	20
11	0..4.55	8	0..4.42	9	11.56.20	21
12	0..5..3	7	0..4.33	11	11.55.59	21
13	0..5.10	7	0..4.22	10	11.55.38	21
14	0..5.17	6	0..4.12	12	11.55.17	21
15	0..5.23	6	0..4..0	12	11.54.56	20
16	0..5.29	6	0..3.48	12	11.54.36	21
17	0..5.35	5	0..3.36	13	11.54.15	21
18	0..5.40	4	0..3.23	13	11.53.54	21
19	0..5.44	4	0..3.10	13	11.53.33	21
20	0..5.48	3	0..2.57	15	11.53.12	20
21	0..5.51	2	0..2.42	15	11.52.52	21
22	0..5.53	2	0..2.27	15	11.52.31	21
23	0..5.55	2	0..2.12	16	11.52.10	20
24	0..5.57	1	0..1.56	16	11.51.50	20
25	0..5.58	0	0..1.40	16	11.51.30	20
26	0..5.58	0	0..1.24	17	11.51.10	20
27	0..5.58	1	0..1..7	17	11.50.50	20
28	0..5.57	2	0..0.50	18	11.50.30	19
29	0..5.55	2	0..0.32	18	11.50.11	19
30	0..5.53	2	0..0.14	18	11.49.52	19
31	0..5.51	4	11.59.56	19	.....	

TABLE II.

Jours.	OCTOBRE. H. M. S.	Diff.	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff.	DECEMBRE. H. M. S.	Diff.
1	11.49.33	19	11.43.49	0	11.49.37	23
2	11.49.14	18	11.43.49	1	11.50..0	24
3	11.48.56	18	11.43.50	1	11.50.24	25
4	11.48.38	18	11.43.51	2	11.50.49	25
5	11.48.20	17	11.43.53	3	11.51.14	26
6	11.48..3	17	11.43.56	4	11.51.40	26
7	11.47.46	16	11.44..0	4	11.52..6	26
8	11.47.30	16	11.44..4	6	11.52.32	27
9	11.47.14	15	11.44.10	6	11.52.59	28
10	11.46.59	15	11.44.16	7	11.53.27	28
11	11.46.44	15	11.44.23	8	11.53.55	28
12	11.46.29	14	11.44.31	9	11.54.23	29
13	11.46.15	13	11.44.40	10	11.54.52	28
14	11.46..2	13	11.44.50	10	11.55.20	30
15	11.45.49	12	11.45..0	11	11.55.50	29
16	11.45.37	12	11.45.11	13	11.56.19	30
17	11.45.25	11	11.45.24	13	11.56.49	29
18	11.45.14	11	11.45.37	14	11.57.18	30
19	11.45..3	10	11.45.51	14	11.57.48	30
20	11.44.53	9	11.46..5	16	11.58.18	30
21	11.44.44	9	11.46.21	16	11.58.48	30
22	11.44.35	7	11.46.37	17	11.59.18	30
23	11.44.28	8	11.46.54	18	11.59.48	30
24	11.44.20	6	11.47.12	19	0..0.18	30
25	11.44.14	6	11.47.31	19	0..0.48	30
26	11.44..8	5	11.47.50	20	0..1.18	29
27	11.44..3	4	11.48.10	21	0..1.47	30
28	11.43.59	4	11.48.31	21	0..2.17	29
29	11.43.55	2	11.48.52	22	0..2.46	29
30	11.43.53	2	11.49.14	23	0..3.15	29
31	11.43.51	2	.....		0..3.44	29

TABLE III.

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff.	FEVRIER. H. M. S.	Diff.	MARS. H. M. S.	Diff.
1	0..4.13	28	0.14..7	7	0.12.40	13
2	0..4.41	27	0.14.14	6	0.12.27	13
3	0..5..8	28	0.14.20	6	0.12.14	13
4	0..5.36	27	0.14.26	4	0.12..1	14
5	0..6..3	26	0.14.30	4	0.11.47	14
6	0..6.29	26	0.14.34	3	0.11.33	15
7	0..6.55	25	0.14.37	3	0.11.18	15
8	0..7.20	25	0.14.40	1	0.11..3	15
9	0..7.45	25	0.14.41	1	0.10.48	16
10	0..8.10	24	0.14.42	0	0.10.32	17
11	0..8.34	23	0.14.42	1	0.10.15	16
12	0..8.57	22	0.14.41	2	0..9.59	17
13	0..9.19	23	0.14.39	2	0..9.42	17
14	0..9.42	20	0.14.37	4	0..9.25	17
15	0.10..2	21	0.14.33	3	0..9..8	17
16	0.10.23	20	0.14.30	5	0..8.51	18
17	0.10.43	19	0.14.25	5	0..8.33	18
18	0.11..2	18	0.14.20	6	0..8.15	18
19	0.11.20	18	0.14.14	7	0..7.57	18
20	0.11.38	17	0.14..7	7	0..7.39	19
21	0.11.55	16	0.14..0	8	0..7.20	18
22	0.12.11	15	0.13.52	9	0..7..2	18
23	0.12.26	14	0.13.43	9	0..6.44	19
24	0.12.40	14	0.13.34	10	0..6.25	19
25	0.12.54	13	0.13.24	10	0..6..6	18
26	0.13..7	12	0.13.14	11	0..5.48	19
27	0.13.19	11	0.13..3	11	0..5.29	19
28	0.13.30	11	0.12.52	12	0..5.10	19
29	0.13.41	9	.....		..4.51	18
30	0.13.50	9	.....		0..4.33	19
31	0.13.59	8	.....		0..4.14	18

TABLE III.

Jours.	Avril. H. M. S.	Diff.	May. H. M. S.	Diff.	Juin. H. M. S.	Diff.
1	0..3.56	19	11.56.52	8	11.57.19	9
2	0..3.37	18	11.56.44	7	11.57.28	9
3	0..3.19	18	11.56.37	6	11.57.37	10
4	0..3..1	18	11.56.31	6	11.57.47	10
5	0..2.43	17	11.56.25	5	11.57.57	10
6	0..2.26	18	11.56.20	5	11.58..7	11
7	0..2..8	18	11.56.15	4	11.58.18	11
8	0..1.50	16	11.56.11	4	11.58.29	11
9	0..1.34	17	11.56..7	2	11.58.40	12
10	0..1.17	16	11.56..5	3	11.58.52	12
11	0..1..1	16	11.56..2	2	11.59..4	12
12	0..0.45	16	11.56..0	1	11.59.16	12
13	0..0.29	16	11.55.59	1	11.59.28	13
14	0..0.13	15	11.55.58	0	11.59.41	12
15	11.59.58	15	11.55.58	1	11.59.53	13
16	11.59.43	15	11.55.59	1	0..0..6	13
17	11.59.28	14	11.56..0	1	0..0.19	12
18	11.59.14	13	11.56..1	2	0..0.31	13
19	11.59..1	14	11.56..3	3	0..0.44	13
20	11.58.47	13	11.56..6	3	0..0.57	13
21	11.58.34	12	11.56..9	4	0..1.10	12
22	11.58.22	12	11.56.13	4	0..1.22	14
23	11.58.10	12	11.56.17	5	0..1.36	13
24	11.57.58	11	11.56.22	6	0..1.49	12
25	11.57.47	10	11.56.28	6	0..2..1	13
26	11.57.37	10	11.56.34	6	0..2.14	12
27	11.57.27	10	11.56.40	7	0..2.26	12
28	11.57.17	9	11.56.47	7	0..2.38	13
29	11.57..8	8	11.56.54	8	0..2.51	11
30	11.57..0	8	11.57..2	8	0..3..2	
31	.....		11.57.10	9	.....	

Jours.	JUILLET. H.	M.	S.	Diff.	AOUST. H.	M.	S.	Diff.	SEPTEMBRE. H.	M.	S.	Diff.
1	0	3	14	11	0	5	48	4	11	59	42	18
2	0	3	25	12	0	5	44	4	11	59	24	20
3	0	3	37	11	0	5	40	5	11	59	4	19
4	0	3	48	10	0	5	35	5	11	58	45	19
5	0	3	58	10	0	5	30	6	11	58	26	20
6	0	4	8	10	0	5	24	7	11	58	6	20
7	0	4	18	9	0	5	17	7	11	57	46	20
8	0	4	27	10	0	5	10	8	11	57	26	20
9	0	4	37	8	0	5	2	8	11	57	6	21
10	0	4	45	8	0	4	54	9	11	56	45	20
11	0	4	53	8	0	4	45	10	11	56	25	21
12	0	5	1	8	0	4	35	10	11	56	4	21
13	0	5	9	7	0	4	25	11	11	55	43	21
14	0	5	16	6	0	4	14	11	11	55	22	21
15	0	5	22	6	0	4	3	12	11	55	1	20
16	0	5	28	6	0	3	51	12	11	54	41	21
17	0	5	34	5	0	3	39	13	11	54	20	21
18	0	5	39	4	0	3	26	13	11	53	59	21
19	0	5	43	4	0	3	13	14	11	53	38	21
20	0	5	47	3	0	2	59	14	11	53	17	20
21	0	5	50	3	0	2	45	14	11	52	57	21
22	0	5	53	2	0	2	31	16	11	52	36	21
23	0	5	55	2	0	2	15	15	11	52	15	20
24	0	5	57	1	0	2	0	16	11	51	55	20
25	0	5	58	0	0	1	44	16	11	51	35	21
26	0	5	58	0	0	1	28	17	11	51	14	19
27	0	5	58	1	0	1	11	17	11	50	55	20
28	0	5	57	1	0	0	54	17	11	50	35	20
29	0	5	56	2	0	0	37	18	11	50	15	19
30	0	5	54	3	0	0	19	18	11	49	56	18
31	0	5	51	3	11	0	1	19	.....			

Jours.	OCTOBRE. H. M. S.	Diff.	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff.	DECEMBRE. H. M. S.	Diff.
1	11.49.38	19	11.43.49	0	11.49.31	23
2	11.49.19	19	11.43.49	0	11.49.54	24
3	11.49..0	18	11.43.49	1	11.50.18	25
4	11.48.42	17	11.43.50	2	11.50.43	24
5	11.48.25	18	11.43.52	3	11.51..7	26
6	11.48..7	17	11.43.55	3	11.51.33	26
7	11.47.50	16	11.43.58	5	11.51.59	27
8	11.47.34	16	11.44..3	5	11.52.26	27
9	11.47.18	16	11.44..8	6	11.52.53	27
10	11.47..2	15	11.44.14	7	11.53.20	28
11	11.46.47	14	11.44.21	8	11.53.48	28
12	11.46.33	14	11.44.29	9	11.54.16	29
13	11.46.19	14	11.44.38	9	11.54.45	28
14	11.46..5	13	11.44.47	10	11.55.13	30
15	11.45.52	12	11.44.57	11	11.55.43	29
16	11.45.40	12	11.45..8	13	11.56.12	29
17	11.45.28	12	11.45.21	13	11.56.41	30
18	11.45.16	10	11.45.34	13	11.57.11	30
19	11.45..6	10	11.45.47	14	11.57.41	30
20	11.44.56	10	11.46..1	16	11.58.11	30
21	11.44.46	9	11.46.17	16	11.58.41	30
22	11.44.37	8	11.46.33	17	11.59.11	30
23	11.44.29	7	11.46.50	17	11.59.41	30
24	11.44.22	7	11.47..7	19	0..0.11	30
25	11.44.15	6	11.47.26	19	0..0.41	30
26	11.44..9	5	11.47.45	20	0..1.11	29
27	11.44..4	5	11.48..5	21	0..1.40	30
28	11.43.59	3	11.48.26	21	0..2.10	29
29	11.43.56	3	11.48.47	21	0..2.39	29
30	11.43.53	2	11.49..8	23	0..3..8	29
31	11.43.51	2	.....		0..3.37	29

Jours.	JANVIER. H. M. S.	Diff.	FEVRIER. H. M. S.	Diff.	MARS. H. M. S.	Diff.
1	0..4..6	27	0.14..5	7	0.12.42	12
2	0..4.33	29	0.14.12	7	0.12.30	12
3	0..5..2	27	0.14.19	5	0.12.18	14
4	0..5.29	27	0.14.24	5	0.12..4	14
5	0..5.56	27	0.14.29	4	0.11.50	14
6	0..6.23	25	0.14.33	3	0.11.36	15
7	0..6.48	26	0.14.36	3	0.11.21	15
8	0..7.14	25	0.14.39	2	0.11..6	15
9	0..7.39	25	0.14.41	1	0.10.51	16
10	0..8..4	24	0.14.42	0	0.10.35	16
11	0..8.28	23	0.14.42	1	0.10.19	17
12	0..8.51	23	0.14.41	2	0.10..2	16
13	0..9.14	22	0.14.39	2	0..9.46	17
14	0..9.36	21	0.14.37	3	0..9.29	17
15	0..9.57	21	0.14.34	3	0..9.12	18
16	0.10.18	20	0.14.31	5	0..8.54	17
17	0.10.38	19	0.14.26	5	0..8.37	18
18	0.10.57	19	0.14.21	6	0..8.19	18
19	0.11.16	17	0.14.15	7	0..8..1	19
20	0.11.33	17	0.14..8	6	0..7.42	18
21	0.11.50	17	0.14..2	8	0..7.24	18
22	0.12..7	15	0.13.54	9	0..7..6	18
23	0.12.22	15	0.13.45	9	0..6.48	19
24	0.12.37	14	0.13.36	9	0..6.29	19
25	0.12.51	13	0.13.27	11	0..6.10	18
26	0.13..4	12	0.13.16	10	0..5.52	19
27	0.13.16	11	0.13..6	12	0..5.33	19
28	0.13.27	11	0.12.54	12	0..5.14	19
29	0.13.38	10	.....		0..4.55	18
30	0.13.48	9	.....		0..4.37	19
31	0.13.57	8	.....		0..4.18	18

TABLE IV.

Jours.	AVRIL. H. M. S.	Diff.	MAY. H. M. S.	Diff.	JUIN. H. M. S.	Diff.
1	0..4..0	18	11.56.53	7	11.57.17	9
2	0..3.42	18	11.56.46	7	11.57.26	9
3	0..3.24	18	11.56.39	7	11.57.35	10
4	0..3..6	18	11.56.32	6	11.57.45	10
5	0..2.48	18	11.56.26	5	11.57.55	10
6	0..2.30	18	11.56.21	5	11.58..5	11
7	0..2.12	17	11.56.16	4	11.58.16	11
8	0..1.55	17	11.56.12	4	11.58.27	11
9	0..1.38	16	11.56..8	3	11.58.38	12
10	0..1.22	17	11.56..5	2	11.58.50	11
11	0..1..5	17	11.56..3	2	11.59..1	12
12	0..0.48	16	11.56..1	2	11.59.13	12
13	0..0.32	15	11.55.59	0	11.59.25	13
14	0..0.17	16	11.55.59	1	11.59.38	12
15	0..0..1	14	11.55.58	1	11.59.50	13
16	11.59.47	15	11.55.59	0	0..0..3	13
17	11.59.32	14	11.55.59	0	0..0.16	12
18	11.59.18	14	11.56..1	2	0..0.28	13
19	11.59..4	13	11.56..3	3	0..0.41	13
20	11.58.51	13	11.56..6	2	0..0.54	13
21	11.58.38	13	11.56..8	4	0..1..7	13
22	11.58.25	12	11.56.12	5	0..1.20	13
23	11.58.13	12	11.56.17	4	0..1.33	13
24	11.58..1	11	11.56.21	6	0..1.46	13
25	11.57.50	11	11.56.27	5	0..1.59	12
26	11.57.39	10	11.56.32	7	0..2.11	12
27	11.57.29	9	11.56.39	7	0..2.23	13
28	11.57.20	10	11.56.46	7	0..2.36	12
29	11.57.10	8	11.56.53	7	0..2.48	12
30	11.57..2	9	11.57..0	9	0..3..0	
31	.....		11.57..9	8	.....	

Jours.	JUILLET. H.	M.	S.	Diff.	AOUST. H.	M.	S.	Diff.	SEPTEMBRE. H.	M.	S.	Diff.
1	0	3	12	11	0	5	49	3	11	59	47	19
2	0	3	23	11	0	5	46	5	11	59	28	19
3	0	3	34	11	0	5	41	4	11	59	9	19
4	0	3	45	11	0	5	37	6	11	58	50	20
5	0	3	56	11	0	5	31	6	11	58	30	19
6	0	4	7	9	0	5	25	6	11	58	11	20
7	0	4	16	10	0	5	19	7	11	57	51	20
8	0	4	26	8	0	5	12	8	11	57	31	20
9	0	4	34	10	0	5	4	8	11	57	11	21
10	0	4	44	8	0	4	56	9	11	56	50	20
11	0	4	52	8	0	4	47	9	11	56	30	21
12	0	5	0	7	0	4	38	10	11	56	9	21
13	0	5	7	7	0	4	28	11	11	55	48	20
14	0	5	14	7	0	4	17	11	11	55	28	21
15	0	5	21	6	0	4	6	12	11	55	7	21
16	0	5	27	5	0	3	54	12	11	54	46	21
17	0	5	32	5	0	3	42	12	11	54	25	21
18	0	5	37	5	0	3	30	14	11	54	4	21
19	0	5	42	4	0	3	16	13	11	53	43	21
20	0	5	46	4	0	3	3	14	11	53	22	20
21	0	5	50	2	0	2	49	15	11	53	2	21
22	0	5	52	3	0	2	34	15	11	52	41	21
23	0	5	55	1	0	2	19	15	11	52	20	20
24	0	5	56	2	0	2	4	16	11	52	0	21
25	0	5	58	0	0	1	48	16	11	51	39	20
26	0	5	58	0	0	1	32	17	11	51	19	20
27	0	5	58	0	0	1	15	17	11	50	59	19
28	0	5	58	2	0	0	58	17	11	50	40	20
29	0	5	56	1	0	0	41	18	11	50	20	19
30	0	5	55	3	0	0	23	18	11	50	1	
31	0	5	52		0	0	5		.....			

TABLE IV.

Jours.	OCTOBRE. H. M. S.	Diff.	NOVEMBRE. H. M. S.	Diff.	DECEMBRE. H. M. S.	Diff.
1	11.49.41	18	11.43.50	1	11.49.25	24
2	11.49.23	18	11.43.49	0	11.49.49	23
3	11.49..5	18	11.43.49	1	11.50.12	24
4	11.48.47	18	11.43.50	2	11.50.36	25
5	11.48.29	18	11.43.52	2	11.51..1	26
6	11.48.11	17	11.43.54	3	11.51.27	26
7	11.47.54	16	11.43.57	5	11.51.53	26
8	11.47.38	16	11.44..2	5	11.52.19	27
9	11.47.22	16	11.44..7	6	11.52.46	27
10	11.47..6	15	11.44.13	6	11.53.13	28
11	11.46.51	15	11.44.19	8	11.53.41	28
12	11.46.36	14	11.44.27	8	11.54..9	28
13	11.46.22	14	11.44.35	10	11.54.37	29
14	11.46..8	13	11.44.45	10	11.55..6	29
15	11.45.55	13	11.44.55	11	11.55.35	30
16	11.45.42	12	11.45..6	11	11.56..5	29
17	11.45.30	11	11.45.17	13	11.56.34	30
18	11.45.19	11	11.45.30	14	11.57..4	29
19	11.45..8	10	11.45.44	14	11.57.33	30
20	11.44.58	10	11.45.58	15	11.58..3	30
21	11.44.48	9	11.46.13	16	11.58.33	30
22	11.44.39	8	11.46.29	18	11.59..3	30
23	11.44.31	7	11.46.47	16	11.59.33	31
24	11.44.24	7	11.47..3	18	11..0..4	30
25	11.44.17	6	11.47.21	19	0..0.34	29
26	11.44.11	6	11.47.40	20	0..1..3	30
27	11.44..5	5	11.48..0	20	0..1.33	29
28	11.44..0	3	11.48.20	21	0..2..2	30
29	11.43.57	3	11.48.41	22	0..2.32	29
30	11.43.54	3	11.49..3		0..3..1	29
31	11.43.51	3	.....		0..3.30	

De l'accélération des Etoiles fixes ſur le moyen mouvement du Soleil, pour chaque jour, dont l'uſage eſt expliqué, pag. 84 & ſuivantes.

Jours.	H.	M.	S.
1	0	3	56
2	0	7	52
3	0	11	48
4	0	15	44
5	0	19	39
6	0	23	35
7	0	27	31
8	0	31	27
9	0	35	23
10	0	39	19
11	0	43	15
12	0	47	11
13	0	51	7
14	0	55	3
15	0	58	58
16	1	2	54
17	1	6	50
18	1	10	46
19	1	14	42
20	1	18	38
21	1	22	34
22	1	26	30
23	1	30	26
24	1	34	22
25	1	38	17
26	1	42	13
27	1	46	9
28	1	50	5
29	1	54	1
30	1	57	57
31	2	1	53
..	.....		

TABLE VI.

De la longueur que doit avoir un Pendule ſimple pour faire en une heure un nombre de vibrations quelconque, depuis 1 *juſqu'à* 18000.

Calculée par Madame LEPAUTE.

Nombres de vibrations par heure.	pieds.	pouces.	lignes.	Décimales, ou centiémes de lignes.	Nombres de vibrations par heure.	pieds.	pouces	lignes.	Décimales, ou centiémes de lignes.
18000	0	1	5	62	15100	0	2	1	04
17900	0	1	5	82	15000	0	2	1	38
17800	0	1	6	02	14900	0	2	1	72
17700	0	1	6	22	14800	0	2	2	07
17600	0	1	6	43	14700	0	2	2	42
17500	0	1	6	64	14600	0	2	2	78
17400	0	1	6	80	14500	0	2	3	16
17300	0	1	7	08	14400	0	2	3	53
17200	0	1	7	30	14300	0	2	3	92
17100	0	1	7	52	14200	0	2	4	32
17000	0	1	7	70	14100	0	2	4	72
16900	0	1	7	99	14000	0	2	5	13
16800	0	1	8	24	13900	0	2	5	55
16700	0	1	8	47	13800	0	2	5	98
16600	0	1	8	72	13700	0	2	6	42
16500	0	1	8	97	13600	0	2	6	87
16400	0	1	9	23	13500	0	2	7	33
16300	0	1	9	49	13400	0	2	7	80
16200	0	1	9	75	13300	0	2	8	28
16100	0	1	10	02	13200	0	2	8	77
16000	0	1	10	30	13100	0	2	9	27
15900	0	1	10	59	13000	0	2	9	79
15800	0	1	10	87	12900	0	2	10	31
15700	0	1	11	16	12800	0	2	10	85
15600	0	1	11	46	12700	0	2	11	40
15500	0	1	11	76	12600	0	2	11	96
15400	0	2	0	07	12500	0	3	0	54
15300	0	2	0	39	12400	0	3	1	13
15200	0	2	0	71	12300	0	3	1	74

Nombres de vibrations par heure.	pieds.	pouces.	lignes.	Décimales, ou centiémes de lignes.	Nombres de vibrations par heure	pieds.	pouces.	lignes.	Décimales, ou centiémes de lignes.
12200	0	3	2	36	8700	0	6	3	45
12100	0	3	3	00	8600	0	6	5	20
12000	0	3	6	65	8500	0	6	7	03
11900	0	3	4	32	8400	0	6	8	92
11800	0	3	5	01	8300	0	6	10	88
11700	0	3	5	71	8200	0	7	0	91
11600	0	3	6	43	8100	0	7	3	02
11500	0	3	7	17	8000	0	7	5	21
11400	0	3	7	93	7900	0	7	7	48
11300	0	3	8	72	7800	0	7	9	85
11200	0	3	9	52	7700	0	8	0	30
11100	0	3	10	34	7600	0	8	2	85
11000	0	3	11	19	7500	0	8	5	51
10900	0	4	0	06	7400	0	8	8	27
10800	0	4	0	96	7300	0	8	11	14
10700	0	4	1	87	7200	0	9	2	14
10600	0	4	2	82	7100	0	9	5	26
10500	0	4	3	79	7000	0	9	8	52
10400	0	4	4	79	6900	0	9	11	93
10300	0	4	5	82	6800	0	10	3	48
10200	0	4	6	88	6700	0	10	7	19
10100	0	4	7	97	6600	0	10	11	08
10000	0	4	9	10	6500	0	11	3	14
9900	0	4	10	26	6400	0	11	7	40
9800	0	4	11	45	6300	0	11	11	86
9700	0	5	0	68	6200	1	0	4	53
9600	0	5	1	95	6100	1	0	9	45
9500	0	5	3	26	6000	1	1	2	60
9400	0	5	4	62	5900	1	1	8	02
9300	0	5	6	02	5800	1	2	1	73
9200	0	5	7	46	5700	1	2	7	74
9100	0	5	8	95	5600	1	3	2	07
9000	0	5	10	49	5500	1	3	8	75
8900	0	6	0	08	5400	1	4	3	81
8800	0	6	1	73	5300	1	4	11	26

TABLE VI.

Nombres de vibrations par heure.	pieds.	pouces.	lignes.	Décimales, ou centièmes de lignes.	Nombres de vibrations par heures.	pieds.	pouces.	lignes.	Decimales, ou centièmes de lignes.
5200	1	5	7	16	2600	5	10	4	64
5100	1	6	3	52	2500	6	4	1	57
5000	1	7	0	39	2400	6	10	7	28
4900	1	7	9	81	2300	7	5	11	36
4800	1	8	7	82	2200	8	2	3	71
4700	1	9	6	48	2100	8	11	10	74
4600	1	10	5	84	2000	9	10	11	45
4500	1	11	5	97	1900	10	11	9	66
4400	2	0	6	93	1800	12	2	10	28
4300	2	1	8	85	1700	13	8	7	71
4200	2	2	11	69	1600	15	5	10	40
4100	2	4	3	67	1500	17	7	5	69
4000	2	5	8	86	1400	20	2	9	17
3900	2	7	3	38	1300	23	5	6	62
3800	2	8	11	42	1200	27	6	5	15
3700	2	10	9	08	1100	32	9	2	86
3650	2	11	8	58	1000	39	7	9	87
3600	3	0	8	57	900	48	11	5	15
3550	3	1	9	07	800	61	11	5	68
3500	3	2	10	11	700	80	11	0	81
3400	3	5	1	93	600	110	1	8	76
3300	3	7	8	32	500	158	7	3	20
3200	3	10	5	59	400	247	9	10	26
3100	4	1	6	15	300	440	6	10	20
3000	4	4	10	42	200	991	3	5	04
2900	4	8	6	93	100	3965	1	8	14
2800	5	0	8	29	1	39651398	7	..	..
2700	5	5	3	24	...	.....	..	..	..

TABLE
DES MATIERES.
DANS laquelle on trouvera l'explication des Termes.

A

AARON, Roi de Perſe. *Préface.* vij.
ACADEMICIENS envoyés dans le Nord, ſçavoir MM. de *Maupertuis*, *Camus*, *Clairaut*, *le Monnier*; leurs expériences. 14
ACADEMIE Royale des Sciences, 180. 183. 192. 205. 230. 232. *préf.* xviij. xix.
ACADEMIE Royale des Belles-Lettres. *préf.* vij.
ACCELERATION des graves, ſe fait ſuivant les nombres impairs. 275.
ACCOTEMENS, doivent s'éviter avec ſoin dans les engrennages. 259.
ACCROCHEMENS. 73.
Melchior ADAM. *préf.* x.
AILES de pignons, leurs figures dans différens cas. 230. 242. Courbes qui doivent les conduire, lorſque ce ſont des fuſeaux infiniment déliés. 242. Lorſque ce ſont des lignes droites. 243. Lorſque ce ſont des épicycloïdes. 245. Lorſque ce ſont des cercles. 256. Lorſque ce ſont des courbes quelconques données. 258. Doivent être convexes. 246. Doivent être priſes hors du pignon primitif dans certains cas. 246. *Voyez* DENT.
ALESOIR inſtrument d'acier rond & doux. 209.
Le P. ALLEXANDRE, ſon Traité d'Horlogerie, ſa méthode pour les Pendules de tems vrai. 221. Sa méthode pour calculer les nombres des roües. 268.
ALOES, ſon uſage. 288.
ALONGEMENT des Pendules, anciennes méthodes pour le corriger. 20. Nouvelle maniere d'y remédier. 22. 23.
M. AMANT Horloger de Paris, mort, ſon échapement. 187.
ANAXIMANDER fit le premier un Cadran Solaire. *pref.* vij.
M. ANDRIEU, Avocat, mort. 53.
ANNÉE TROPIQUE, ſa durée moyenne dans ce ſiécle-ci ſuivant les dernieres obſervations. 272.
APPLATISSEMENT de la Terre, ſa quantité, ſon effet, 281, 306.
ARCS décrits par le pendule doivent

être petits. 11.
ARC de levée ou arc conſtant. 147.
ARCHIMEDE, ſa ſphère mouvante. *préf.* vj.
ARC de repos. 175.
ARC décrit par le mouvement diurne de la Terre en une ſeconde de tems, eſt dé 1435 pieds. 303.
M. le Duc D'AREMBERG, Protecteur de M. Sully. *préf.* xvj. xvij.
ASSIETTE. 71.
ATHÉNÉE Hiſtorien. *préf.* vij.

B

BAILLARD DU PINET (*M. l'Abé.*) 21.
BALANCIER, ce que c'eſt dans les Montres, les qualités qu'il doit avoir. 65. 71. 174. Ses pivots 71. Sa virole. *Ibid.*
BALANCIERS de Montres qui engrennent par leur circonférence. 168.
BARILLET. 31. 77.
BARLOW, Inventeur des répétitions, mort. 117.
BASCULES. 104. 113.
BATON Hiſtorien. *préf.* vij.
BATEMENS doivent s'éviter. 73.
BATEMENS & CONTRE-BATEMENS 172.
BATERIES dans les ſonneries. 98. 114. *préf.* xxiv.
M. de BAUFRE, Horloger de Londres mort, ſon échapement. 170.
BERGERS *de la Chaldée* premiers Inventeurs de l'Horlogerie, en tant qu'elle n'eſt que la meſure du tems. 58.
M. le Chevalier de BETHUNE. 183.
BIBLIOTHEQUE de Clugny. *préf.* v.
BOETES de Montres & EMBOETAGE. 68.
M. le BON Horloger de l'Académie des Sciences, ſes expériences ſur les Pendules à ancre; il a fait les premieres Pendules à équation en France. 180.
M. BOUGUER de l'Académie des Sciences, ſes expériences ſur la longueur du pendule. 300.
BROUNCKER Géometre du dernier ſiécle, employa les fractions continues dans l'expreſſion de la quadrature du cercle. 262.

C

CADRANS de Pendules & de Montres. 70. Les Cadrans ſe font d'émail, de cuivre doré ou blanchi, de verre peint, ou plus commodément avec des planches gravées, devant leſquelles on met un verre, ainſi que l'a imaginé le premier, l'Auteur de cet Ouvrage.
CADRAN mobile à la main ou par la ſonnerie, indique l'équation près d'un index. 93.
CADRAN MOBILE pour les Pendules d'équation, conduit par le roüage. 212.
CADRAN mobile à la main pour faire ſuivre le tems vrai aux Horloges. 228.
CADRAN mobile à la main ſur lequel l'éguille du tems moyen peut marquer le tems vrai. 92.
CADRAN SOLAIRE. *préf.* vij & viij.
CADRATURE d'équation de M. Paſſemant. 215. Ses inconvéniens. 218.

CADRATURE de répétition placée derriere la Pendule. 100. 109. à quatre parties. 112. en Montres. 117.

M. l'Abbé de la CAILLE de l'Académie des Sciences. Ses dernieres expériences ſur la longueur du pendule ſimple. 289.

CALIBRE de Montres. 26. de Montres à ſecondes. 42.

CAMNES, ſont les aîles d'un arbre de moulin qui levent les maillets. 258.

M. CAMUS de l'Académie des Sciences, ſon Mémoire ſur les figures des dents. 232. On peut auſſi conſulter là-deſſus ſon cours de Mathématique à l'uſage des Ingénieurs.

CANON plein de métal, ſon uſage pour remédier à l'alongement. Maniere de trouver ſon centre d'oſcillation. 290.

M. CARON, Horloger de Paris. Montres prétendues à une roüe. 44.

CASSIODORE, ſes Horloges à eau. *préf.* vij.

CENTRE D'OSCILLATION ou de percuſſion. 284. Maniere de le changer. 220. Lorſqu'il n'y a qu'un nombre fini de poids. 285. Dans une boule. 286. Dans une boule ſuſpendue à un fil péſant. 287. Dans une lentille. 290. Dans un pendule compoſé d'une lentille & d'un cylindre. 296.

CERCLE GÉNÉRATEUR des cycloïdes eſt égal à la baſe. 234. 236. Doit être d'un diametre égal ou plus grand que le rayon du pignon pour décrire la figure des aîles. 246.

CHAINE de Montre. 77.

CHALEUR, ſon influence ſur la longueur du pendule. 20. 301.

CHALEUR de l'air, ſon effet pour remonter les pendules. 125.

CHAMFREIN, partie du peſle d'une ſerrure, qui eſt obtuſe & courbée pour froter contre la gâche. 259.

CHAPERON de répétition. 104.

CHAPERON de la ſeconde Pendule à une roüe. 137.

CHARNIERE. de Montres. 68.

Le R. P. CHARDIN de la Compagnie de Jéſus. 205.

CHARLEMAGNE, Roi de France. *préf.* vij.

CHARLES V. Roi de France. *préf.* ix.

CHAUSSE'E des minutes. 69.

CHEVILLES de la portion de roüe de la troiſiéme Pendule à une roüe, comment doivent être placées. 140.

CHEVILLES des chaperons de la ſeconde Pendule à une roüe, diſpoſées d'une façon particuliere. 137.

CHIFFRES de la roüe d'une Montre. 56.

M. CHRISTIN Horloger dans l'Abaye. 134.

CHUTE DES GRAVES ſur des plans inclinés. 276. En ligne verticale. 275.

M. CLAIRAUT de l'Académie Royale des Sciences. Sa méthode pour trouver le centre d'oſcillation d'une lentille. 290.

M. CLEMENT. 179.

CLEPSYDRES, leur origine, celles de *Cteſibius*, de *Scipion Naſica*,

de *Caſſiodore*, de *Théodoric*, de *Pacificus*, *&c.* préf. vj. & ſuiv.
COMPARAISON des Horloges & des Montres. 58.
CONDUIT ou tuyau ſervant à la conduite de l'air pour un remontoir. 127.
COPERNIC. *préf.* ix.
CRISTAL de Montres. 68, 69.
CRITIQUES (momens) dans une répétition; ce ſont ceux où elle peut répéter une heure qui eſt un peu paſſée, ou qui n'eſt pas encore arrivée. 106.
CONDUITE ou *menée* d'une roüe qui ſe fait par un pignon, après la ligne des centres. 242. Avant la ligne des centres. 247. Avant & après. 248. Doit être uniforme, ſoit dans la force, ſoit dans la vîteſſe. 230, ſemblable à celle qui ſe fait par le contact de 2 circonférences. 237. Inconvéniens de la conduite avant la ligne des centres, 252. Ne peut s'éviter que quand le pignon a plus de 9 aîles. 253. Bien des perſonnes habiles ſont perſuadées qu'on pourroit employer des pignons de 4, 5, 6. Si l'on faiſoit les dentures ſuivant la méthode la plus exacte.
CORRECTIONS qu'il faut apporter à la longueur du pendule à ſecondes trouvée par expérience. 300.
CORRECTIONS de l'allongement des pendules. 20. *& ſuiv.*
COUPS DOUBLES dans les ſonneries, ſervent à diſtinguer les quarts. 119.
COURBE d'équation. 92.
COURBE d'équation pour ſuſpendre le pendule. 223. Pour conduire le rateau. 213.
COURBES des engrenages, peuvent s'employer dans les machines hydrauliques, les ſerrures, les foulons, &c. 258.
COURBURE des dents de roües & des aîles des pignons. 232.
CROCHET de la fuſée. 29. 77.
CTESIBIUS d'Aléxandrie. *préf.* v.
CYCLOÏDE, ce que c'eſt. 233. Maniere de la décrire. *ibid.* Son application au pendule. 178. Peut être décrite en ſuppoſant le cercle générateur fixe & la baſe mobile. 236. Elle ſert pour les dentures des roües de chan; il y a cependant une petite négligence dans cette théorie, car à la rigueur ces dents devroient être des épicycloïdes ſphériques qui ſont des courbes à double courbure, ſurtout ſi la roüe de chan a une ſituation oblique par rapport au pignon, mais cela n'arrive guère.
CYLINDRE, maniere de trouver ſon centre d'oſcillation. 289.

D

DASYPODIUS (*Conrad*) *préf.* x.
M. DAUTHIAU Horloger à Paris. *préf.* xj.
DENTS qui ſont ſur le muſeau du paneton d'une clef. 258.
DENTS des roües, figures qu'on doit leur donner dans les différens cas. 230, 242. Lorſqu'elles conduiſent les aîles d'un pignon après la ligne des centres. 244. Avant la ligne des centres. 247. Avant & après, 248. Doit être priſe par-

tie au-dedans, partie au-dehors de la roüe primitive dans ce dernier cas. 246. Doit être alors formée de 2 portions de courbes différentes. 249. 251. Dents des roües de chan. 254.
M. DESCARTES fameux Géometre du dernier siécle, s'exerça sur les questions des centres d'oscillation. 286.
DIFFÉRENCE des Méridiens paroît contraire à la régularité des Montres. 47.
DILATATION du pendule, maniere d'y remédier. 18.
DITMAR Historien. *préf.* viij.
DOIT des quarts. 105.
Jacques de DONDIS. *préf.* viij.
M. DONS EN-BRAI, sa Table des longueurs du pendule simple. 282.

E

ECHAPEMENT, ce que c'est. 5. Son effet sur le pendule. 13. Division des échapemens. 153. Echapement à repos ou à recul. 154. Echapemeut à roüe de rencontre, ses défauts. 155. Ses dimensions. 160. Echapement à piroüette. 163. Echapement ancien d'Allemagne. 164. De M. *du Terre.* 165. De M. *P. le Roy.* 168. De M. *Tompion.* 169. De M. *Flamenville.* 170. De M. *Facio. ibid.* De MM. de *Beufre*, *Enderlin*, *Sully.* 171. De *Graham. ibid.* 187. A ancre de M. *Hook.* 179. A *patte de Taupe.* 183. A *deux leviers.* 184. De M. *Thiout.* De M. *Vergo*, & celui du Luxembourg. 185. De M. *Amant*, & celui des Pendules à une roüe. 132 140.
ECHAPEMENT défectueux des premieres Pendules à une roüe, renouvellé par M. Christin en 1755 133. 134.
ECHAPEMENT à double repos & à doubles plans inclinés. 141.
ECHAPEMENT NOUVEAU inventé en 1753. 190. Sa description. 193. 198. Ses avantages. 200. Son origine. 205. Maniere de le construire. 206. *M. de Lalande* & *le P. Chardin* en font l'éloge. 192. 205.
ECHELLONS dans les Pendules à une roüe. 129.
EGUILLES. 69.
EGUILLES des Montres. 57.
ENCLIQUETAGE. 68.
M. ENDERLIN Horloger, mort. 170.
ENGRENAGE. 76.
ENGRENAGE de la roüe de rencontre. 70.
ENGRENAGE de la roüe de chan. 65. 70. 76. 77. 256.
ENGRENAGE PARFAIT. 230. Sera toujours tel quant à la figure des dents & des aîles, si elles sont engendrées par un même cercle roulant sur la circonférence qui conduit, & au-dedans de celle qui est conduite avant la ligne des centres 245. Si la force & la vîtesse sont constantes. 230. Si la perpendiculaire au point de conduite passe par le point de contact. 241. Dans la roüe de chan. 256.
EPICYCLOÏDE, ce que c'est. 234. Le même cercle en décrit deux à la fois, l'une sur le plan de la roüe,

l'autre ſur le plan du pignon. 245
Leur uſage pour les dentures. 231.
EQUARISSOIR, inſtrument d'acier à 5 ou 6 pans. 209.
EQUATION de l'Horloge. 88.
EQUATION du tems. 83.
ETOILES FIXES, maniere de regler les Pendules ſur le tems moyen par leur ſecours. 84. Leur accélération journaliere inégale. 91.
ETOTEAU, roüe d'étoteau. 97.
EXCENTRICITÉ du Soleil, elle produit en partie l'inégalité du tems vrai & l'équation du tems. 82.

F

FABRI (*le P.*) Jéſuite, dans le dernier ſiécle, s'exerce ſur les queſtions des centres d'oſcillation. 286.
M. FACIO Génevois, mort. 170.
M. FALCONNET Médecin du Roi, de l'Académie Royale des Inſcriptions & Belles-Lettres. *préf.* vij.
M. DUFAY de l'Académie des Sciences, mort. 93.
M. FLAMENVILLE. 170.
FORCE ACCÉLÉRATRICE. 274, diminue à meſure qu'on s'éloigne du centre de la Terre. *ibid.*
FORCE CENTRIFUGE change la longueur du pendule. 302.
FORCE du grand reſſort. 40.
FORCE MOTRICE doit être très-petite. 16. 274.
FRACTIONS CONTINUES, ce que que c'eſt. 262. Maniere de transformer une fraction dont les nombres ſont trop grands, en une fraction continue. 263.
FRACTIONS ordinaires, maniere de les ajoûter à un nombre entier, & de diviſer un entier par une fraction. 265.
FRACTIONS DÉCIMALES. 117. 306.
FROTEMENS augmentent quand la force eſt augmentée. 231. Sont les moindres poſſibles par le moyen des courbes que l'on aſſigne pour les engrenages. 254. Maniere de les diminuer. 33. Frotement du grand reſſort. 34. Des pivots de la fuſée. 35.
FROISSART. *préf.* ix.
FUMIFUGE procuré par le moyen d'un remontoir à vent. 127.
FUSÉE, ce que c'eſt. Son défaut dans les Montres à l'Angloiſe. 38. 61.

G

GACHE, piéce de fer fixée dans le mur d'une porte, & dans laquelle le *peſle* s'engage lorſqu'on ferme la porte. 259.
GALILÉE Inventeur du Pendule. 10. Des loix de la gravité. 275.
M. GALLON Ingénieur. *préf.* xxij.
GARDE-CHAINE, dans une Montre. 70.
M. la GAROUSTE, ſa machine employée dans les Pendules. 137.
M. GAUDRON Horloger, mort. Ses remarques ſur les Montres, & ſon remontoir. 67. 121. *pref.* xxj.
GERBERT ou SYLVESTRE II. Pape. *préf.* viij.
GESNER. *préf.* viij.
GONDEBAULT Roi de Bourgogne. *préf.* vij.
M. GRAHAM Horloger de Londres, mort. Sa correction pour l'alongement du pendule. 19. Son échapement

chapement en Montres. 171. En Pendules. 187.
GRAVITÉ NATURELLE. 274.
M. GREGORI, Sa Lettre sur l'utilité des Mathématiques, fut traduite par M. Sully. *pref.* xxj.
M. GRETON Horloger. *préf.* xvj.
GUIDE des quarts dans les répétitions. 104.

H

HAUTEFEUILLE (*M. l'Abbé de*) 52.
HEURE, ce que c'eſt. 80. Heures Italiques, Judaïques, &c. *pref.* xxiv.
Le P. Thomas HILDEYARD. 184.
M. de la HIRE, 181. a traité la figure des dents des roües. 232. Sa méthode pour déterminer la figure des engrenages. 256. Avantage de celle qui eſt rapportée dans ce Livre. 258.
Le Docteur HOOK. 52.
HORLOGERIE, Hiſtoire de *l'Horlogerie* & ſon utilité. *pref.* v. *& ſuiv.* Ce qui reſte à faire dans l'Horlogerie. xxij. xxiv.
HORLOGES de Richard Walingfort, de Dondis, de Henri-de-Vic, celles des Villes de Courtrai, d'Anet, de Straſbourg, de Lion, &c. *pref.* viij. *& ſuiv.* Horloges ſingulieres que l'on pourroit imaginer. *préf.* xxiij.
HORLOGES HORISONTALES de la Meûte, du Luxembourg, de Belle-vûe, des Ternes, de l'Hôtel des Fermes. 146.
HORLOGE à levier horiſontal. *préf.* xvij.
HORLOGES à roües, leur ancienneté. *préf.* viij.
HORLOGES ſingulieres. *préf.* xxiv.
HOROLOGIUS de Dondis. *préf.* ix.
M. HUGHENS, il a traité la partie arithmétique des dentures, 4. Il a appliqué le pendule aux Horloges. 10. Il approuvoit les pendules péſans. 11. Il a inventé le reſſort ſpiral conteſté par M. Hook & par M. d'Hautefeuille. 52. Son Traité *de Horologio oſcillatorio.* 286. Il a employé les fractions continues dans les calculs de ſon planiſphère mouvant. 262.
HUILES, leur néceſſité. 37. 77. 79.

I

JEUX *des éguilles*, inévitables dans les Pendules à équation. 225.
INÉGALITÉS du Soleil. 81.
JOURS vrais ou moyens. 80. Inégalité des jours vrais. 221.
JOURS dans une Montre. 73.
ISOCHRONISME, ce que c'eſt. 63.

K

KRESA, (*Le P.*) Lettre ſur la Pendule d'équation de Charles II. Roi d'Eſpagne. 211.

L

LANTERNE, eſpece de pignon dont les aîles ou fuſeaux ſont ronds & aſſemblés ſur deux tourtaux, ordinairement percée à jour. Courbure des dents qui doivent la conduire. 233. 242. 257.

LARDON dans les Montres. 75.
M. le François de LALANDE de l'Académie Royale des Sciences, &c. Témoin de la découverte de mon nouvel échapement. 192. Le défend contre des difficultés. 205. Ses remarques sur les engrenages. 230. Sur la maniere de trouver facilement des nombres pour les roües qui doivent tourner dans des espaces de tems donnés les unes par rapport aux autres. 261. Sur le mouvement oscillatoire du pendule simple. 273.
M. LEIBNITZ. 53.
LENTILLE doit être pésante. 11. Sa pésanteur rélative est variable. 14.
LEVÉE des marteaux. 99. 120. Arc de levée ou arc constant. 157.
LEVIER D'ACTION & LEVIER DE RÉSISTANCE, sont ceux qui mésurent & qui produisent l'action d'une roüe sur un pignon, ou la résistance du pignon. 241.
LEVIERS NATURELS, ce que c'est. 198. Les leviers sont de la premiere ou de la seconde espece suivant que le point d'appui est au milieu du levier, ou à l'extrêmité opposée à la puissance qui agit.
LIMAÇON, dans les répétitions; des heures. 101. Des quarts. *ibid.*
LIME à égaler, c'est celle qui est égale sur toute sa longueur, & qui a quatre angles droits.
LIME à entrer. 68. C'est celle dont les quatre angles sont droits, mais qui va en diminuant vers son extrémité.
Nicolas LIPPIUS. *préf.* x.

M

MEssieurs MAILLET *de Morlier, & Belle-Fontaine*, leur échapement. 184.
M. de MAIRAN, de l'Académie Royale des Sciences, &c. Ses expériences sur le pendule simple. 288.
MANUFACTURES d'Horlogerie. *préf.* xvj. xxj.
MARCHE d'une Pendule. 80.
MARTEAUX. 120.
M. le MAZURIER Horloger de Paris, sa Pendule à une roüe. 138.
MÉMOIRE publié contre l'Académie. 53.
Le P. MERSENNES, proposa les questions des centres d'oscillation. 285.
M. le MONNIER de l'Académie des Sciences, construit la Méridienne de S. Sulpice. *préf.* xix.
MONTRES, leurs différentes parties. 24. Ce qui leur arrive lorsqu'elles sont couchées sur leur cadran. 65. ou à plat. *ibid.* Origine de leurs inégalités. 60. 63. Doivent être comparées souvent à une Pendule ou à un Cadran Solaire. 91. Doivent être remise au Soleil de tems en tems. Maniere d'en examiner la marche en peu de jours. 49. Maniere de les remettre dans leurs échapemens. 80 Fraudes auxquelles elles sont sujettes. 43. Illusion du Public sur la bonté des Montres. 46.
MONTRES à piroüette. 163. A secondes. 40. A répétition. 117. A réveil. 115. Avec des singu-

larités. 44. *préf.* xxiv.
Antoine MORAND, *de Pontdevaux* en Breſſe. *préf.* xj.
MOULINET qui ſert à remonter les Pendules. 126.
MOUVEMENT oſcillatoire. 273.
MOUVEMENT PERPETUEL méchanique impoſſible. Mouvement perpétuel phyſique poſſible. 128.
MOUVEMENT du Soleil *vrai*, c'eſt-à-dire, *apparent*, il eſt appellé vrai par oppoſition au mouvemeut moyen qui eſt purement fictice & idéal; il eſt appellé apparent parce que ce n'eſt autre choſe que les inégalités du Soleil telles qu'elles *apparoiſſent* ſur la terre.

N

NASICA (*Scipion*) *préf.* v.
M. NEWTON. 39. *préface.* xvj.
M. le Maréchal de NOAILLES établit une Manufacture d'Horlogerie. *préf.* xvij.
NOMBRES des roües & des pignons dans une Pendule à ſecondes. 6. Dans une Montre. 24. Dans une Montre à ſecondes. 41. Dans une Pendule à reſſort. 96. Dans le remontoir de M. Gaudron. 124. Dans les Pendules à une roüe. 133 136. 140. Dans une Horloge horiſontale. 147. Dans les Pendules à équation. 213. 223. Pour une roüe annuelle. 262. 282. Maniere de trouver les nombre de différentes roües. 261. *& ſuiv.*
M. NOURRISSON, Horloger. *préf.* x.

O

OBLIQUITÉ de l'écliptique. 82.
*M. le Duc d'*ORLÉANS Régent, protége l'Horlogerie. *préf.* xvi. Raſſemble la Société des Arts. *préf.* xx.
OSCILLATION aſcendante, ſa durée augmentée par l'échapement, diminuée par la réſiſtance de l'air. 13. 304. L'étendue de ces oſcillations diminue en progreſſion géométrique, c'eſt-à-dire que ſi pendant un quart-d'heure elle diminue de moitié, elle ſera réduite au quart après une demie heure, & au huitiéme après une heure, &c. 304. Durée des petites oſcillations. 297. 298.
M. OUGHTREAD. 4.

P

PACIFICUS. *préf.* viij.
PALETTES du balancier, leurs dimenſions. 72. Dans l'échapement à roüe de rencontre. 159. Leurs dimenſions. 150.
PANETON d'une clef, partie quarrée qui entre dans la ſerrure, qui écarte le reſſort, & produit le mouvement du *peſle*. 259.
M. PASSEMANT. *préf.* xj. Sa cadrature d'équation. 215.
PESANTEUR & ſes effets. 274.
PESANTEUR & réſiſtance de l'air. 66. Elle peut être employée à remonter les Pendules. 128.
Madame le PAUTE, ſes calculs ſur la longueur du pendule. 282.

Table vj. *à la fin.*
J. A. le PAUTE l'aîné, Horloger du Roy, ſes nouvelles Pendules à une roüe, ſon nouvel échapement, &c. 129. 135. 191.
M. le PAUTE le jeune, frere du précédent. Pendule à une roüe qu'il a imaginée en 1754. 139.
PESLE, partie de la ſerrure qui eſt mobile & qui doit entrer dans la gâche. 259.
PENDULES ou HORLOGES A PENDULE. Maniere de les regler par les étoiles fixes. 84. Maniere de les regler par le moyen du Soleil. 88. Pendule à ſeconde qui va un an. 6. Pendule à répécition ou à réponſe. 100. Pendule à répétition & à *tout-ou-rien.* 107. Pendule à répétition à 4 parties. 110. Maniere d'empêcher qu'elle ne ſonne les heures à tous les quarts. 114. Pendule à reſſort ſonnant l'heure & la demie. 95. Remontée par le mouvement de l'air. 125. Pendule à une roüe, ſa premiere origine. 129. Elle fut préſentée au Roy en 1751. 130. Difficulté de cette eſpece de Pendule. 135 Seconde eſpece de Pendule à une roüe, inventée en 1752. qui n'a point de roüe de mouvement. 135 Troiſiéme eſpece de Pendule à une roüe imaginée en 1754. la plus parfaite. 139. Pendule Royale. 179.
PENDULE ou BALANCIER des Horloges, ſa longueur. 12. Pendule ſimple ou compoſé. 273. Sa longueur à Paris. 279. Sous l'équateur. 300. Table des longueurs des pendules comparées au nombre de vibrations. *à la fin.* Uſage de la Table des longueurs de pendule. 282. 307. Méthode pour trouver la longueur du pendule. 288. Correction qu'on y doit faire à raiſon de l'air, de la chaleur, de la force centrifuge, de l'étendue des vibrations, de la péſanteur du fil. 299.
PENDULE SIMPLE à ſecondes, differe de $\frac{6}{10}$ de ligne entre Paris & l'équateur. 306.
PENDULE COMPOSÉ, ce que c'eſt. 283. Maniere de trouver ſon centre d'oſcillation dans différens cas. 285. 286. 287. Maniere de l'accourcir pour regler une Horloge. 89. Pendule compoſé d'un cylindre & d'une ſphère. 290. D'un cylindre & d'une lentille. 296. Pendule trop court exigeroit une roüe de plus. 96.
PENDULE CIRCULAIRE de M. Hughens. 182.
PESANTEUR de l'air influe dans les Montres. 66. Dans la longueur du pendule. 301.
PIECE D'ARRET pour fixer les tours du reſſort d'une Pendule. 99.
PIECE DE PRÉCAUTION. 123.
PIECE DES QUARTS. 103. 118.
PIECE qui arrête le mouvement du remontoir. 122.
PIECE qui ſert à laiſſer rétrograder les limaçons. 114.
PIGNON, ce que c'eſt. 2. 230. Pignons dont les fuſeaux ſeroient infiniment minces. 233. 242. Doit être conduit par des dents qui ſoient des épicycloïdes engendrées par la révolution du pignon ſur la roüe. 242. Différentes eſpeces de

pignons. 259. Les pignons qui menent, doivent être plus gros que ceux qui ſont menés. 260.
PITE, fil de pite, 288. ſe tire de la plante appellée *Aloides ſive Aloe folio in oblongum aculeum abeunte Gaſpari Bauhini.*
PITON. 71.
PIVOTS. 37. 74.
PLANETTES, maniere de les diſtinguer des étoiles. 87.
M. le PLAT, auteur d'un remontoir à vent dans le genre de celui de la page. 125.
PLATINE de deſſus dans les Montres. 27.
PLATINE des pilliers. *ibid.*
PLATINE du nom ou petite platine. *ibid.*
PLINE, hiſtoire naturelle. *préf.* v.
POINT DÉCRIVANT des cycloïdes & des épicycloïdes. 234. La ligne tirée de ce point au *point de contact*, eſt perpendiculaire à la cycloïde. 237.
PONTUS DE TYARD. *pref.* x.
PORTION DE ROUE dans la troiſiéme Pendule à une roüe. 140.
POSSIDONIUS, ſa ſphère mouvante. *pref.* vij.
POTENCE. 29. Compoſée de pluſieurs pieces. 30. 72.
POULIE remontante. 120. Poulie de mouvement. 122. 126.
POUSSAGE dans les répétitions des Montres. 117.
PRÉCIPITATIONS dans le mouvement d'une Horloge; produites par le vice des engrenages. 232.
PROGRESSION GÉOMÉTRIQUE. 304. Elle a lieu entre pluſieurs termes qui ont le même rapport, par exemple, 2. 4. 8. 16. ou 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, &c.

Q

QUARE, (*M.*) Horloger Anglois, mort. 117.

R

RACOMMODAGE des Montres, ſon importance. 41.
RATEAU. 71. 72. 102. 117. 129. Rateau de la couliſſe. 31.
REGLE ARTIFICIELLE DU TEMS, ouvrage de M. Sully. 211. *pref.* xiij. xx.
RÉGULARITÉ d'une Montre, ce que c'eſt. 47.
RÉGULATEUR des Montres ou balancier, ſes irrégularités. 62.
REMONTOIR de Pendules. 121. Par le ſeul mouvement de l'air. 125. Celui de M. Gaudron. 121.
RENVERSEMENS. 73.
REPAIRE. 74.
RÉPÉTITIONS. Grande répétition. 100. Inventeur de la répétition. 117. Répétition en Montre. *Ibid.*
REPOS, échapement à repos. 154.
RÉSERVOIR d'huile. 74.
RESSORTS, leurs inégalités. 5. Reſſort à l'Angloiſe. 28. Reſſorts des cadrans. 68.
RESSORT SPIRAL, doit être très-mince. 33. 65. 71.
RESSORT égal à la fuſée. 78.
RÉSISTANCE de l'air ſur le pendule. 12. 303. Elle fait ceſſer le mouvement d'un pendule, mais elle ne change pas la durée des oſcillations, ni ſa longueur. 305.

RESTITUTION du mouvement que fait l'échapement au pendule. Maniere de connoître ſi elle n'eſt ni trop grande ni trop petite. 299.
RÉVEIL en Montres. 115. Maniere de rendre ſon effet avec préciſion. Maniere de faire ceſſer ſon effet promptement. 116.
M. de RIVAZ, ſa correction pour l'alongement du pendule. 20. On lui doit la premiere idée des Pendules à une roüe. 129.
ROCHET de la fuſée. 70.
M. de ROEMER eſt le premier qui ait parlé de la courbure des dents. 232.
ROSETTE dans les Montres, ſes uſages. 45. 72.
ROUAGE de répétition, maniere de le ſupprimer dans les Montres. 107.
ROUE ANNUELLE, maniere de la placer & de la faire conduire. 224.
ROUE D'ARÉTE. 165.
ROUE DE CADRAN. 69.
ROUE DE CHEVILLES. 97. 105.
ROUE DE COMPTE. 97.
ROUE D'ÉCHAPEMENT. 7.
ROUE D'ÉTOTEAU. 113.
ROUE PRIMITIVE & PIGNON PRIMITIF ſont deux circonférences de cercle qui ſe touchent & qui ſont entr'elles comme le nombre des dents de la roüe eſt au nombre des aîles du pignon, ou comme les durées de leurs révolutions. 246. 251.
ROUE DE RENVOI. 70.
ROUE VOLANTE. 97.
M. Julien le ROY célebre Horloger de Paris. 38. 184. *préf.* xiij. xvj.
M. le ROY de l'Académie des Sciences, fils du précédent, a parlé des figures des dents. 232.
M. Pierre le ROY frere de M. Julien le Roy. 168.
M. le ROY le fils, Horloger de Paris. 129.

S

SAURIN (*M.*) de l'Académie des Sciences, mort. 180. Ses expériences ſur les Pendules à ancre. 16. Il détermine la courbure des bras de l'ancre. *ibid.* Il démontre l'inutilité de la cycloïde. 181.
SAUTOIR, ſon uſage dans les nouvelles Pendules à une roüe. 145. Dans les répétitions. 101.
Le R. P. SCHOTT Jéſuite, dans le ſiecle paſſé, ſon ouvrage d'Horlogerie. *préf.* xxiv.
M. de SERVIÉRES, mort. Deſcription du beau Cabinet qu'il avoit formé à Lyon, & qui appartient actuellement à M. le Marquis de Grolier. *préf.* xxiv.
SOCIÉTÉ des Arts. *préf.* xx. xxij.
SONNERIE. 97.
M. l'Abbé SOUMILLE, a propoſé un pendule fort long. 182.
SOURDINE. 120.
M. SULLY Horloger à Paris. 36. Son Mémoire préſenté en 1716. 37. Ses réſervoirs. 38. Ce qu'il dit de l'échapement à roüe de rencontre. 160. 162. Son Mémoire ſur l'inutilité de la cycloïde. 181. Sa vie. *préf.* xiv. &c. Ses ouvrages. xix. *& ſuiv.* Sa mort. xxj.
SURPRISE & ſes effets. 106. 109.
SUSPENSION du pendule. 10.

M. TURET Horloger, mort. 52.

T

TABLES du Tems moyen au Midi vrai, de l'accélération des étoiles, & des longueurs du pendule. *A la fin.* Table de la quantité dont le pendule retarde par la grandeur des arcs. 297.
TALON de la piece des quarts. 104.
TEMS VRAI, jours auxquels il eſt égal au tems moyen. 81.
M. du TERTRE, mort. 165.
THÉODORIC Roy des Goths. *préf.* vij.
THERMOMETRE qui marque les alongemens du pendule. 22. Uſage du Thermometre dans l'expérience du pendule ſimple. 301.
M. THIOUT l'aîné, Horloger de Paris. 67. Son Traité d'Horlogerie. 282. *préf.* xiv. xxij. xxiij.
M. THOMPION Horloger de Londres, mort. 117. 169.
TIRAGE ſimple. 100.
TOUT-OU-RIEN. Ses effets. 107. 118.

V

VANNE dans un remontoir. 127.
M. VARINGE Phyſicien de Nancy, mort. Sa méthode pour corriger l'alongement. 19.
M. de VAUCANSON de l'Académie des Sciences, machines curieuſes qu'il a imaginées. *préf.* xxiv.
M. VERGO, ſon échapement. 185.
VIBRATIONS du reſſort ſpiral. 54. 58. du pendule. *Voyez* OSCILLATION.
Henri de VIC. Son Horloge du Palais. ix.
VIROLLE du balancier. 71.
VITRUVE. *préf.* v.
VUIDE de la denture égal au plein, ou même un peu plus grand. 253 260.
Richard WALINGFORT a fait la premiere Horloge connue. *préf.* viij.

Fin de la Table des Matieres.

ERRATA.

Page 35 *ligne* 3, reſſort, *liſez* effort. *pag.* 69 *lig.* 4, fixiées, *liſ.* fixées. *pag.* 75 *lig.* 5, roue de champ, *liſ.* roue de rencontre. *pag.* 90 *lig.* 23, la pendule, *liſ.* le pendule. *pag.* 100 *en tête*, *liſ.* 98. *même pag. lig.* 16, *liſ. deux fois* figure 2 *au lieu de* figure 3 *en marge & dans la ligne. pag.* 101 *en tête*, *liſ.* 99. *pag.* 119 *lig.* 4, le bras K de la piece des quarts, *liſ.* le bras E. *pag.* 183 *lig.* 16, *retranchez la lettre* E. *pag.* 186 *lig.* 9, figure 6, *liſ.* figure 7. *pag.* 212 *lig.* 7, moblie, *liſ.* mobile. *lig.* 24 un point, *liſ.* un pont.

J'AI lû par ordre de Monſeigneur le Chancellier, un Manuſcrit ſur *l'Horlogerie*, par M. LE PAUTE. Cet Ouvrage m'a paru traité avec beaucoup de nétteté & de préciſion, comprenant d'ailleurs des choſes fort-intéreſſantes. A Paris le 18 Avril 1755. BELIDOR.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la Grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos Amés & Féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra. SALUT : Notre amé JACQUES-CHARLES CHARDON fils, Libraire à Paris, Nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire imprimer & donner au Public, un Ouvrage qui a pour titre *Traité d'Horlogerie*, s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilége pour ce néceſſaire : A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons, par ces Préſentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de ſix années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes : Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi d'imprimer, ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, ni d'en faire aucun extrait ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des Exemplaires contre-faits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Expoſant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts ; à la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles : que l'impreſſion dudit Ouvrage ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres conformément à la feuille imprimée attachée pour modele ſous le contre-ſcel des Préſentes, que l'Impétrant ſe conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725. qu'avant de l'expoſer en vente, le Manuſcrit qui aura ſervi de Copie à l'impreſſion dudit Ouvrage, ſera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & Féal Chevalier, Chancellier de France le Sieur de la Moignon ; & qu'il en ſera enſuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & Féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur de la Moignon, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France, le Sieur de Machault, Commandeur de nos Ordres, le tout à peine de nullité des Préſentes ; du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir ledit Expoſant & ſes Ayans cauſe, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Préſentes, qui ſera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, ſoit tenue pour dûement ſignifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conſeillers & Sécrétaires, foy ſoit ajoûtée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles tous Actes requis & néceſſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires : CAR, tel eſt notre plaiſir. DONNE' à Verſailles, le vingt-ſixiéme jour du mois de Mai, l'an de grace mil ſept cens cinquante cinq, & de notre Regne le quarantiéme. Par le Roi en ſon Conſeil. LEBEGUE.

Regiſtré enſemble la Ceſſion, pour moitié dans ledit Privilége, ſur le Regiſtre XIII. de la Chambre Royale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 548. F°. 422. conformément aux anciens Réglemens confirmés par celui du 28 Février 1723. A Paris le 27 Juin 1755. DIDOT, *Syndic.*

De l'Imprimerie de JACQUES CHARDON, rue Galande, vis-à-vis la rue du Fouare.

DESCRIPTION

D'UNE

NOUVELLE PENDULE

POLICAMÉRATIQUE;

POUR servir de Supplément au TRAITÉ D'HORLOGERIE,

Par LEPAUTE, Horloger du Roi.

DESCRIPTION

D'UNE

NOUVELLE PENDULE

POLICAMÉRATIQUE;

POUR ſervir de Supplément au TRAITÉ D'HORLOGERIE,

Par LEPAUTE, Horloger du Roi.

CETTE Pendule a été ainſi nommée, pour pouvoir exprimer par un ſeul mot la propriété qu'elle a de remplir pluſieurs objets, de ſervir en même-temps à pluſieurs appartemens & à différens étages, de faire ſonner des timbres au-deſſus du Bâtiment, & de fournir encore à des Cadrans ſur les jardins ou ſur les cours, par un ſeul mouvement.

C'eſt ainſi que l'Horloge d'un Palais ou d'un Château devient un objet de décoration, & que la Pen-

dule, qui ne pourroit qu'orner une gallerie ou un ſallon, devient utile à tout le reſte d'un Bâtiment. Le Maître qui peut la remettre à l'heure, d'un tour de clef, fixe l'heure tout-à-la-fois, & au-dedans, & au dehors, & donne l'ordre à toute ſa maiſon, ſans être expoſé à la multiplicité des Pendules qui ne ſont jamais d'accord.

Renfermée dans une boëte, telle que je viens de l'exécuter, & que je vais la décrire, elle peut encore diminuer de beaucoup la dépenſe d'un ameublement; puiſqu'à l'endroit où elle ſera placée, elle tiendra lieu d'un trumeau, d'une glace, d'une Horloge & de pluſieurs Pendules.

Cette boëte compoſée d'un piédeſtal & d'un attique, eſt couronnée d'un vaſe ſur lequel tournent les heures & les minutes; l'Horloge marque auſſi les ſecondes, elle indique les jours du mois; & ce qu'il y a de plus curieux encore, elle ſuit le temps vrai: ce qui n'avoit pas encore paru praticable dans des Horloges.

Le mouvement eſt tout entier réduit à un rectangle de 18 pouces, compoſé ſeulement de 2 barres; les premieres roues n'ont que 6 pouces de proportion; cela ſuffit pour faire ſonner ſur des timbres de 200 livres, les heures & les demies: toutes les perfections & tous les effets que j'ai décrits dans mon Traité d'Horlogerie (*), en parlant des Hor-

(*) Volume in-4°. orné de 17 planches en taille douce, qui ſe vend à Paris, chez *J. Charlon*, Imprimeur-Libraire, rue Galande, vis-à-vis la rue du Fouarre, à la Croix d'or.

loges horiſontales, ſe retrouvent ici avec de nouvelles améliorations.

Je dois ſur-tout faire mention de trois piéces ſingulieres qui dans mes Horloges remédient à trois inconvéniens inévitables juſqu'à ce jour dans toutes les Horloges, & que je n'ai ſurmontés qu'après beaucoup de tentatives; il s'agiſſoit d'éviter l'effet de la chaleur ſur le métal, ſon effet ſur les huiles, & de ſuivre les inégalités du Soleil, c'eſt-à-dire, de marquer le temps vrai.

Quant à l'effet de la chaleur, comme il peut devenir très-grand, & que les Thermometres métalliques ſont d'une exécution fort délicate & fort longue: voici une méthode extrêmement ſimple, & que je rapporte d'autant plus volontiers, qu'il y a même des cas où elle ſera ſeule praticable.

J'ai calculé, d'après les expériences de *M. Bouguer*, rapportées dans les Mémoires de l'Académie (*Année* 1745), & celles de *M. Ellicot*, qui ſe trouvent dans le quarante-ſeptieme Volume des Tranſactions Philoſophiques de Londres, combien une verge d'acier s'allonge pour chaque degré du Thermometre; on ſçait qu'un centieme de ligne ſuffit pour faire retarder une Pendule d'une ſeconde par jour; il m'a donc été facile de tracer une courbe dont les rayons inégaux fuſſent toujours proportionnels aux dilatations de la verge, tandis que les angles de chaque rayon avec le commencement de la diviſion croîtroient comme les degrés du Thermometre. Cette courbe reſſemble pour la figure à une

portion de la ſpirale d'Archimede ; ſeulement le cercle y eſt diviſé comme les degrés du Thermometre, c'eſt-à-dire, en 40 parties, puiſque le Thermometre à Paris ne varie gueres de plus de 40 degrés entre les grands hivers & les plus fortes chaleurs : (au lieu du cercle entier on peut ne prendre qu'un arc quelconque de la courbe) ; & à l'égard des rayons, s'ils doivent diminuer d'un centiéme de ligne pour chaque diviſion, il ſuit que le point de la courbe, qui eſt à la quarantiéme diviſion, ſera plus près du centre que le premier de 40 centiémes ou deux cinquiémes de lignes. Cette courbe formée en cuivre & placée ſous la ſuſpenſion d'une Horloge, avec une éguille propre à être miſe ſur le degré du Thermometre, remédiera à la dilatation ſans aucune incertitude, pourvû que celui qui la monte veuille bien remarquer à quelle hauteur ſe trouve le Thermometre, & mettre l'éguille ſur le degré.

Mais ce n'étoit pas-là le plus grand inconvénient qu'il y eût dans les Horloges, eû égard à la chaleur ; il eſt un autre effet bien plus conſidérable que celui-là, & dont cependant on n'avoit jamais tenu compte, qui n'avoit pas même été obſervé.

L'huile dont les pivots ſont entretenus, ſe congele en hiver, redevient coulante en été ; de-là plus ou moins de liberté dans les mouvemens ; les oſcillations du Pendule devenues plus grandes, ne ſe font plus dans le même eſpace de temps, & l'Horloge retarde conſidérablement : on peut voir

par la Table qui ſe trouve à la page 297 de mon Traité d'Horlogerie, que ſi le Pendule qui vibre en hiver de 2 pouces & demi, vibroit en été de 5 pouces, il retarderoit de 20 ſecondes par jour; la différence devient bien plus grande, ſi les arcs ſont plus grands; car la durée d'une oſcillation augmente, non pas comme la grandeur de l'arc, mais comme la hauteur à laquelle la lentille s'éleve, & cette quantité augmente comme le quarré des arcs; enſorte qu'elle eſt quatre fois plus grande pour un arc double, & neuf fois plus grande pour un arc triple.

Le même mécaniſme, par lequel je remédie à la dilatation, corrige également cette nouvelle inégalité, puiſqu'elles dépendent toutes deux de la hauteur du Thermometre; il ne faut pour cela qu'augmenter l'inégalité des rayons de la ſpirale que j'ai décrite ci-deſſus; & c'eſt ainſi que je l'ai pratiqué: au lieu de diminuer d'un centiéme de ligne chaque rayon répondant à un degré du Thermometre, ou à un quarantiéme de la circonférence du cercle, il faut le diminuer encore de la quantité qui répond au nouvel effet que je viens de rapporter; les obſervations que je fais depuis pluſieurs années dans toutes les ſaiſons, ſur mes Horloges placées au Palais du Luxembourg, à la Meute, à Choiſi, à Belle-vûe, à la Verrerie Royale, à l'Ecole Militaire, ces obſervations, dis-je, m'ont appris quelle eſt la quantité dont je dois tenir compte, ſuivant la grandeur des roues, la groſſeur des pivots & l'étendue de l'arc de levée: car toutes ces circonſtances y en-

trent pour beaucoup. Je publierai quelque jour le détail de ces expériences.

J'ai dit que cette Horloge marque auſſi le temps vrai, c'eſt-à-dire, qu'elle a la propriété de ſuivre les inégalités du Soleil. On ne l'avoit jamais tenté dans des piéces de cette grandeur; cependant les méthodes employées dans les Pendules ordinaires, pour marquer l'équation, ſeroient inſuffiſantes dans celles-ci; car on ne ſçauroit ajouter une roue de plus au mouvement, ſans rendre les poids dix fois plus gros: ainſi il n'y avoit nulle eſpérance à cet égard d'obtenir le temps vrai dans des Horloges.

Depuis quelque temps j'avois imaginé d'y ſuppléer, par le moyen d'une vis qui élevoit le Pendule ou l'abaiſſoit dans les différens temps de l'année, pour le faire avancer ou retarder de la quantité dont le Soleil avance ou retarde ſur le temps moyen & uniforme: un index placé ſur la vis, & un petit cadran diviſé ſuivant les jours du mois, indiquoient les points où il falloit élever la vis; il eſt clair qu'en remontant une Horloge, on eſt ſuffiſamment averti d'amener l'index ſur le jour du mois, & par-là même, elle eſt toujours ſur le temps vrai.

Je penſai enſuite que, par négligence ou par oubli, il pouvoit arriver que l'index ne fût pas remis exactement au quantiéme du mois.

J'ai ſauvé enfin cet inconvénient avec tout l'avantage imaginable, au moyen d'une courbe qui éleve le Pendule; cette courbe eſt portée ſur une roue

annuelle, qui a 365 dents; le quarré du remontoir eſt maſqué par la piéce qui fait mouvoir la roue annuelle; enſorte qu'il eſt impoſſible de remonter l'Horloge ſans faire avancer une dent de la roue. Les jours ſont marqués ſur la circonférence de la courbe, & ſervent non-ſeulement à indiquer le quantiéme, mais à marquer ſur quel point de la courbe le pendule doit porter dans les différens temps de l'année.

La conſtruction & l'uſage de cette courbe, pour élever le Pendule, ſont amplement décrits dans mon Traité d'Horlogerie, page 222; on y voit que le premier Janvier un pendule de temps moyen doit être allongé de $\frac{3}{10}$ de ligne, pour ſuivre le Soleil, & le premier Avril accourci de $\frac{18}{100}$; de même vers la fin de Décembre, la durée d'un jour vrai eſt plus longue de 51 ſecondes que vers le milieu de Septembre; c'eſt plus d'une demi-ligne de différence dans l'eſpace de trois mois; mais pour rendre cette quantité plus appréciable & plus ſenſible, j'ai placé la pince qui accourcit le pendule ſur un bras de levier; de ſorte que la courbe a dix fois plus de mouvement que le Pendule.

La propriété de ſuivre le temps vrai m'a toujours paru un avantage ineſtimable dans les Pendules & les Horloges; le temps vrai eſt le ſeul donné par la nature, tracé par le Soleil ſur nos Méridiennes & nos Cadrans, le ſeul qui ſoit en poſſeſſion de marquer tous les devoirs de la Société, & le ſeul que les Horloges ordinaires ne donnent point, ſi ce

n'eſt à force d'être avancées ou retardées tous les jours ; auſſi j'ai regardé comme une véritable perfection de l'Art, le moyen que je viens de décrire, pour faire ſuivre le temps vrai aux Horloges.

La piéce que je décris, marque auſſi les ſecondes ſur un cadran qui forme la répétition de celui où ſont marqués les jours du mois ; en ſorte que cette Horloge devient une véritable Pendule à ſecondes, auſſi exacte & d'un uſage plus étendu que celles dont on s'eſt ſervi juſqu'à préſent.

Pour faire de l'Horloge dont il s'agit, une piéce d'ameublement, je l'ai placée dans une boëte, ornée de ſculpture, de dorure, de ſymboles & d'attributs, ſurmontée d'un vaſe antique, ſur la circonférence duquel tournent les heures & les minutes portées par deux cercles ſéparés, qui équivalent à des cadrans de 18 pouces, & dont les chiffres ſont beaucoup plus gros, en ſorte qu'on les voit aiſément du fond même d'une gallerie ; j'ai évité par-là d'employer ces larges Cadrans, que la mode ſemble avoir relégués dans nos Egliſes : ce que j'y ſubſtitue, donne à la boëte une forme élégante & pyramidale qui en fait la beauté.

Il ne ſera pas indifférent d'ajouter que cette boëte eſt dans un nouveau goût, d'une belle forme d'Architecture au jugement des gens de l'Art, & de nature à tenir une place diſtinguée dans une gallerie ou un grand cabinet.

Le corps de l'ouvrage eſt de 10 pieds de hauteur, quoiqu'on puiſſe l'augmenter ou la diminuer

à volonté ; il eſt compoſé d'un piédeſtal, formant avant-corps & arriere-corps, avec baſe & plinthe, orné de feuilles-d'eau, oves, & entrelas ; ce piédeſtal eſt garni de ſix conſolles, avec des cannelures & des guirlandes de chêne, pliées en ovale pour environner la lentille du pendule, en formant chûte ſur le profil des conſolles.

Le piédeſtal porte un attique décoré ſur l'avant-corps d'une bordure fort riche, dans laquelle eſt une glace qui laiſſe voir le mouvement ; la corniche qui couronne l'attique eſt empruntée de l'ordre ionique, avec denticules, oves & rais de cœur. Au-deſſus de l'attique eſt un ſocle quarré, orné d'entrelas avec clous ; au pourtour ſont des guirlandes de chêne iſollées, tombant en feſtons ſur l'amortiſſement de la corniche ; c'eſt ſur ce ſocle qu'eſt porté le vaſe dont j'ai parlé ci-deſſus avec anſes & culot, garni de cannelures, couronné d'une pomme de pin & environné d'un ſerpent, dont la langue s'éleve vers les heures, tandis que la queue retombe vers les minutes, en ſorte que le ſerpent tient lieu d'éguille pour les minutes & pour les heures ; c'eſt ainſi que l'on a raſſemblé les ſymboles du temps, & de la prudence qui ſçait en faire uſage, en même temps qu'on a donné une forme élégante & nouvelle aux cadrans. Le deſſein, la compoſition & la conduite de cette partie ſont le fruit du génie & du goût de M. *de la Briere*, Architecte, déja connu dans le Public par un très-beau Portail qu'il compoſa, & fit exé-

cuter en relief & graver l'année derniere, pour ſervir de projet à S. Germain-l'Auxerrois.

Cette piéce n'exige gueres pour ſon emplacement que l'épaiſſeur d'un pied, du moins on peut la réduire à cela dans les cas où la convenance le demanderoit. Elle peut s'exécuter ſur toutes les hauteurs ou largeurs qu'on pourroit ſouhaiter. Meſſieurs les Architectes & toutes perſonnes qui auroient des vues pour la décoration d'une maiſon, verront ſur-tout avec plaiſir l'uſage qu'on en peut faire à cet égard.

Tous les Curieux en général ſont invités à voir cette Pendule chez LEPAUTE, *Horloger du Roi, Place de la Croix-Rouge. A* PARIS.

J'AI lû par ordre de Monſeigneur le Chancelier, un Manuſcrit intitulé : *Deſcription d'une nouvelle Pendule Policamératique*, dans lequel je n'ai rien trouvé qui doive en empêcher l'impreſſion. A Paris, ce 19 Janvier 1760.

DEPARCIEUX.

Le Privilége eſt à la fin du Traité d'Horlogerie.

De l'Imprimerie de J. CHARDON, rue Galande, vis-à-vis la rue du Fouare, à la Croix d'or, 1760.

DESCRIPTION
D'UNE PENDULE
A SECONDES,

QUI marque le tems MOYEN *& le tems* VRAI, *ſans être expoſée aux inconvéniens qu'on a remarqués juſqu'à préſent dans les Pendules d'équation.*

Par LEPAUTE, Horloger du Roi.

LE TEMS VRAI eſt celui que le Soleil marque chaque jour ſur nos Méridiennes & nos Cadrans ; c'eſt celui dont la nature nous donne ſans ceſſe la meſure pour fixer nos occupations & nos délaſſemens ; c'eſt celui que la convention générale de tous les peuples a adopté, & c'eſt néanmoins le ſeul que les Horloges & les Pendules ne donnent point.

On ne peut point, même avec la plus excellente Pendule, eſpérer de ſçavoir l'heure qu'il eſt, à moins qu'on n'employe continuellement des Tables d'équation, pour avoir égard à la différence qu'il y a entre le tems des Pendules & le *tems vrai;* calcul déſagréable & fatiguant, qui nous prive communément de la ſatisfaction qu'un eſprit exact trouveroit à pouvoir meſurer ſon tems avec facilité & avec préciſion.

L'on a imaginé vers la fin du dernier ſiécle, des Pendules qui, au moyen d'une courbe taillée ſuivant les inégalités du Soleil, marquoient le *tems vrai;* pluſieurs Auteurs ſe ſont attachés à trouver des moyens d'appliquer cette courbe; la plûpart ont employé deux éguilles avec un ſeul cadran, & dès-lors il falloit une cadrature fort compliquée; par conſéquent on avoit beaucoup de force perdue, beaucoup de jeu dans les éguilles & beaucoup d'inégalités dans la marche, car les inégalités ſe multiplient toujours avec le nombre des piéces.

C'eſt pour cela que les Aſtronomes n'ont jamais voulu admettre les Pendules de *tems vrai* dans leurs obſervations; le public les a auſſi rejettées parce qu'elles coûtoient beaucoup, qu'elles étoient fort ſujettes à ſe déranger & difficiles à réparer.

L'on avoit fait auſſi des Pendules à double cadran, mais toujours par la cadrature, enſorte qu'elles étoient de la même complication, & ſujettes aux mêmes inconvéniens; on les évite tous par la conſtruction ſuivante.

La grande roue ou le premier mobile d'une Pendule aſtronomique ordinaire, dont les nombres ſont calculés à cet effet, conduit une roue annuelle qui porte la courbe d'équation ; ſur cette courbe appuie le talon d'un rateau ; le rateau engrenne dans un cadran mobile ſur lequel ſont marquées les minutes du *tems vrai*, cette partie mobile fait le milieu du grand cadran & ſemble ne former avec lui qu'une ſeule piéce ; elle tourne ſur un pont, par-là elle eſt indépendante du rouage, & le poids ne fournit pas un demi-quart d'once de ſa force pour la conduire ; en effet la viteſſe du cadran n'étant pas la centiéme partie de celle du poids, celui-ci n'aura pas à vaincre la centiéme partie de la réſiſtance du cadran, qui elle-même eſt inſenſible.

Le cadran mobile ſur lequel eſt marqué le *tems vrai* vient ſe placer vis-à-vis du *tems moyen ;* une ſeule éguille indique l'un & l'autre, puiſqu'elle paſſe ſur les deux cadrans.

En faiſant ainſi mener la roue annuelle par le premier mobile, j'ai débarraſſé le mouvement de tout le poids de la cadrature, je lui ai rendu toute l'exactitude des Pendules aſtronomiques, & la préciſion qui doit caractériſer celles-ci, ſe réunit avec l'agrément de ſavoir à toute heure ce que marque le Soleil ſur le meilleur cadran ſolaire ; ceux qui ont réfléchi ſur les avantages de cette réunion, ſont étonnés que quelqu'un veuille actuellement ſe contenter des Pendules ordinaires qui n'ont point

d'équation, puiſqu'elles rempliſſent ſi mal l'objet de la ſociété, en s'écartant ſans ceſſe de la meſure naturelle que fournit le Soleil, auquel on doit cependant tout rapporter. Une Pendule ordinaire parfaitement exacte avance néceſſairement d'un quart d'heure ſur le Soleil, au milieu de Février, & retarde de 16′ & 8″ au commencement de Novembre.

La ſimplicité de cette nouvelle conſtruction leur aſſure encore l'avantage particulier de n'être pas plus ſujettes au dérangement, que les Pendules les plus ſimples, de pouvoir être réparées dans le beſoin par tous les Horlogers de Province qui n'en auroient jamais vû, avec la même facilité que des Pendules à reſſort ; à quoi il faut ajouter que toutes perſonnes les peuvent placer, déplacer, remonter & remettre à l'heure ſans aucune étude & ſans aucune difficulté. Cette Pendule a auſſi la propriété de montrer les quantiémes du mois qui ſont ſur la roue annuelle & qui ſuffiſent pour mettre la courbe au point où elle doit être placée, même ſans faire couler le rouage ; cet avantage eſt ſouvent conſidérable, lorſqu'une Pendule a été tranſportée, qu'elle a été nétoyée, ou que par quelque raiſon que ce ſoit, elle a ceſſé de marcher pendant pluſieurs jours ; on ſeroit obligé dans une autre Pendule d'équation de faire faire à l'éguille autant de tours qu'il y auroit d'heures écoulées depuis le tems où elle auroit été arrêtée.

De l'Imprimerie de J. CHARDON, rue Galande, vis-à-vis la rue du Fouarre, à la Croix d'or, 1760.

Pendule a Secondes qui va un an sans être remontée

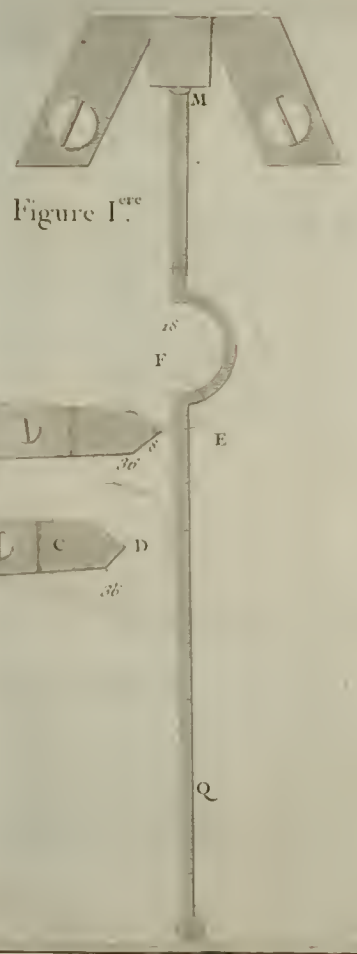


Figure 1ere

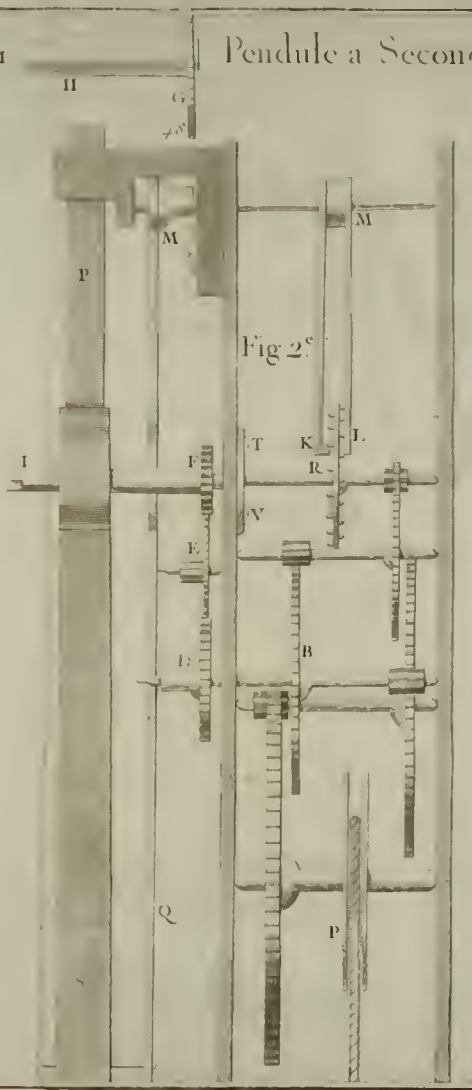


Fig 2e

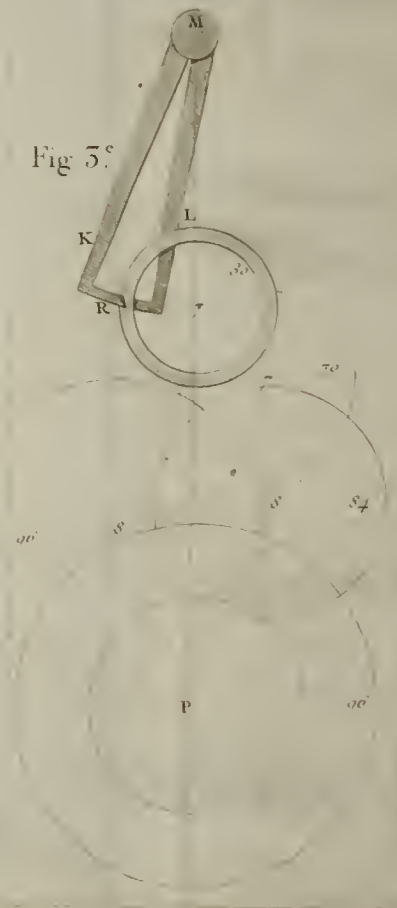


Fig 3e

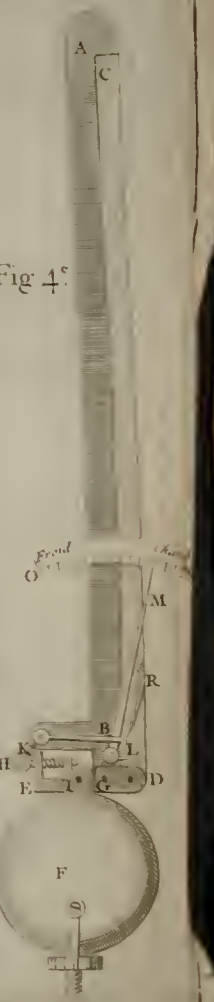


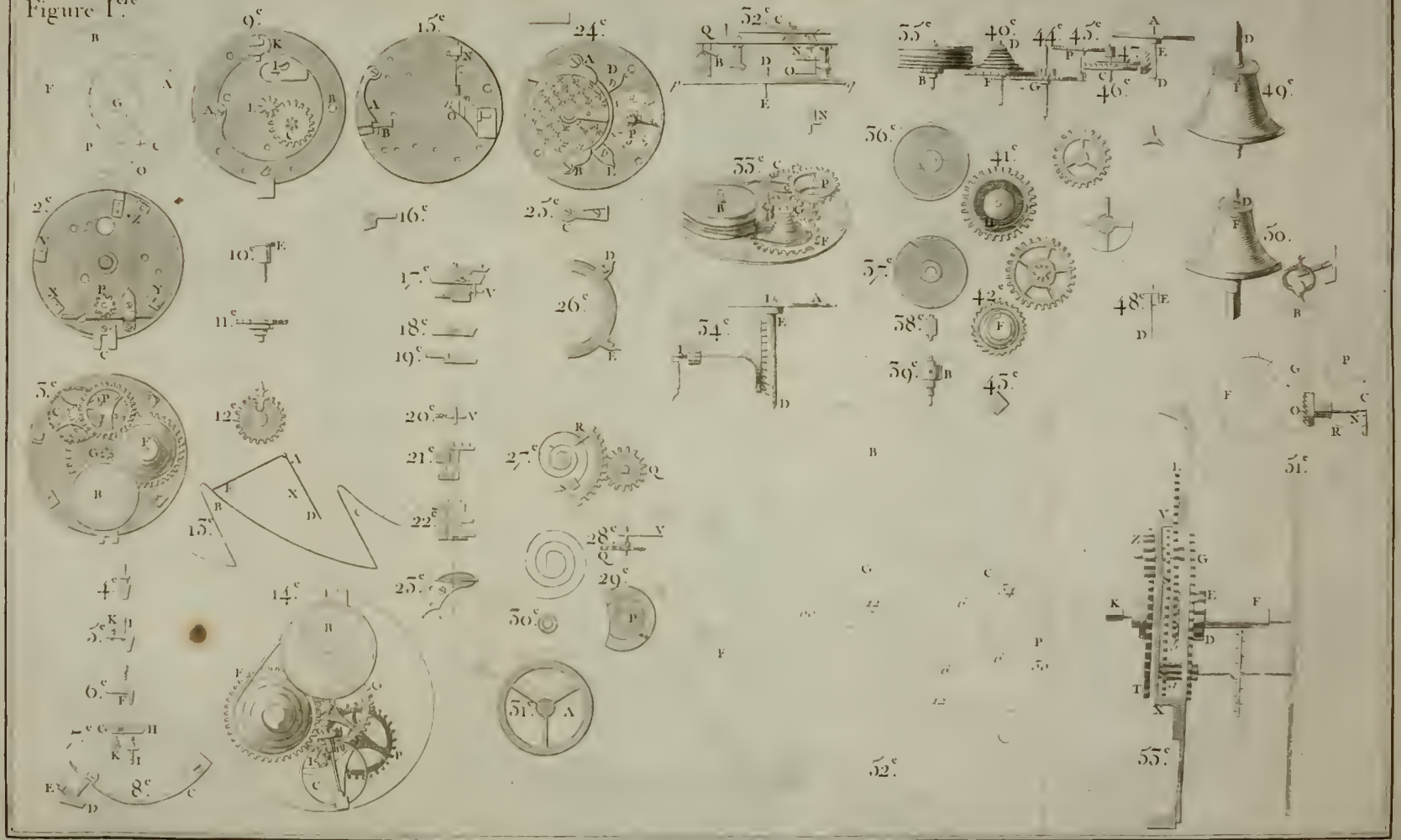
Fig 4e

d
la
re
te
e
ſi
&

aſſ
pl
pl
pa
jar
re
le
à
té
q
q
d
ce
P
ou
de
g
à
éc

Developement de toutes les parties d'une Montre ordinaire, et d'une Montre à Secondes.

Figure I.ere



Pendule à Ressort, sonnant l'heure et la demie.

Figure Iere

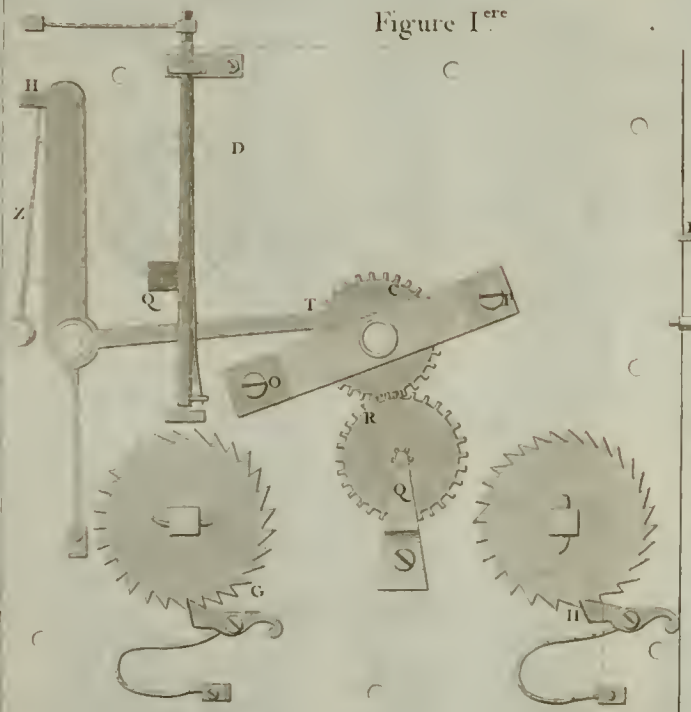


Fig 2^e

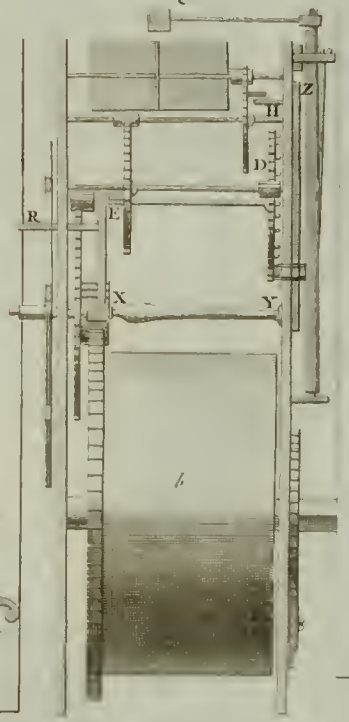


Fig 3^e

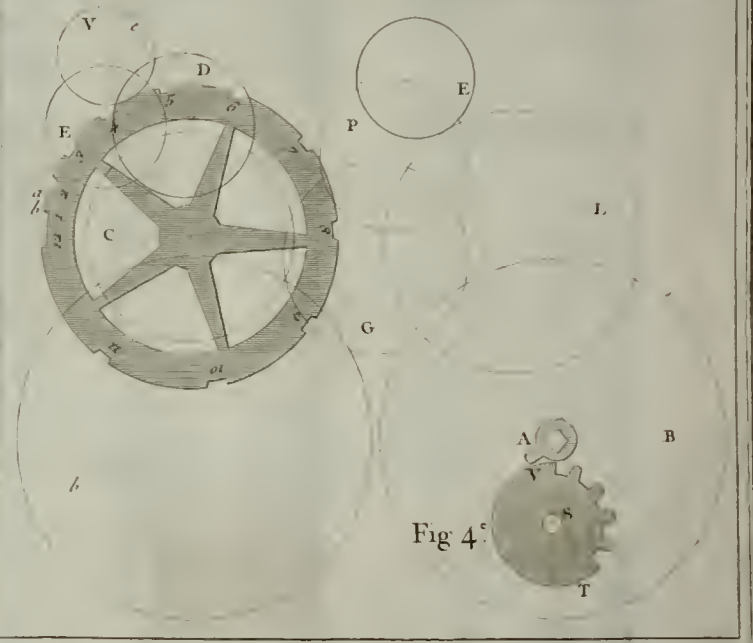
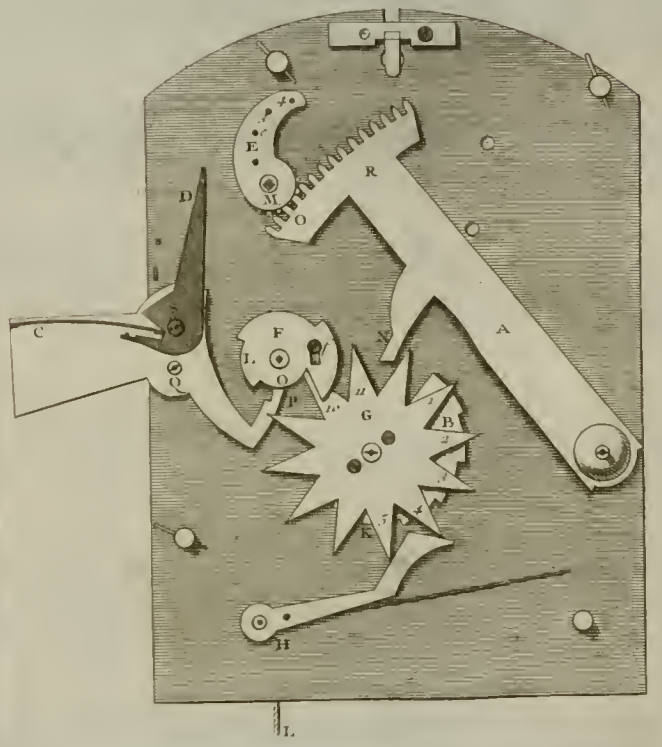


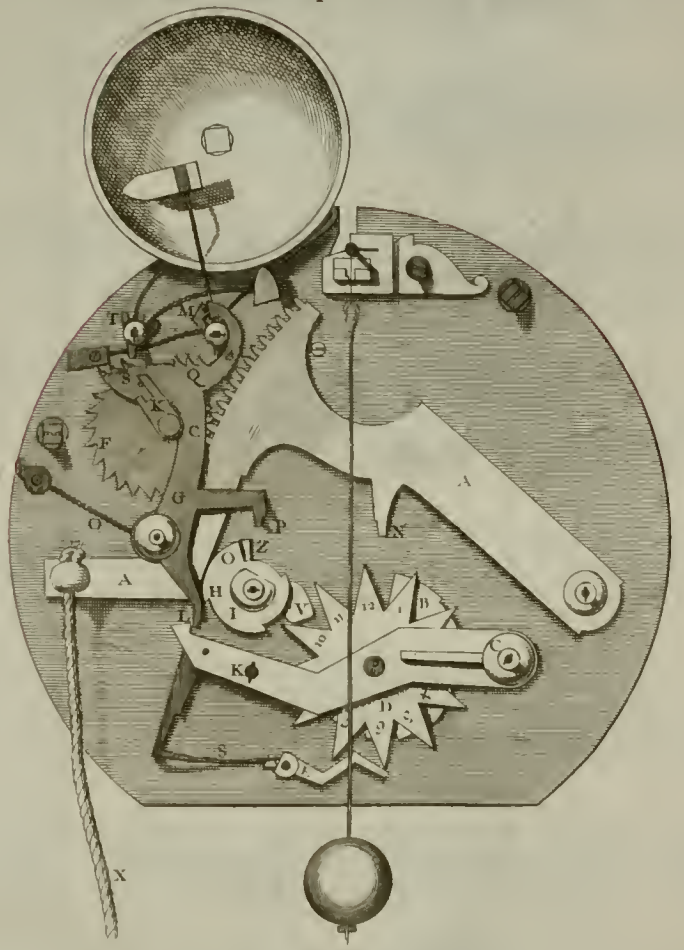
Fig 4^e

Planche 11.

Cadrature de Pendule à Repetition.



Cadrature de Repetition à tout ou rien. *Planche V.*



Pendule à quatres parties, Montre a reveil, Montre a repetition.

Figure 1.ere

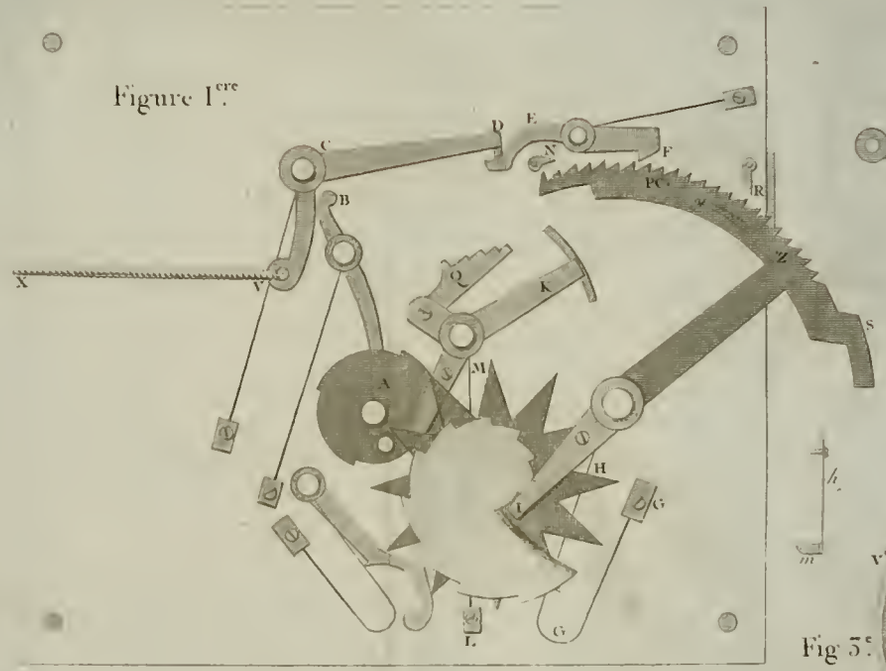


Fig 2.e

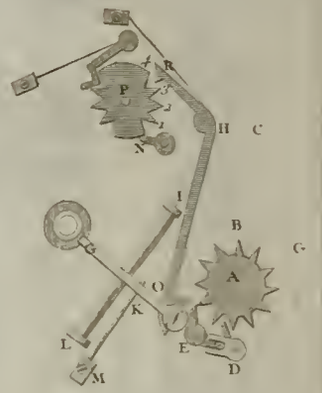
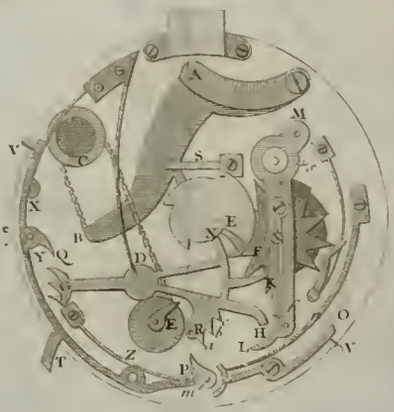
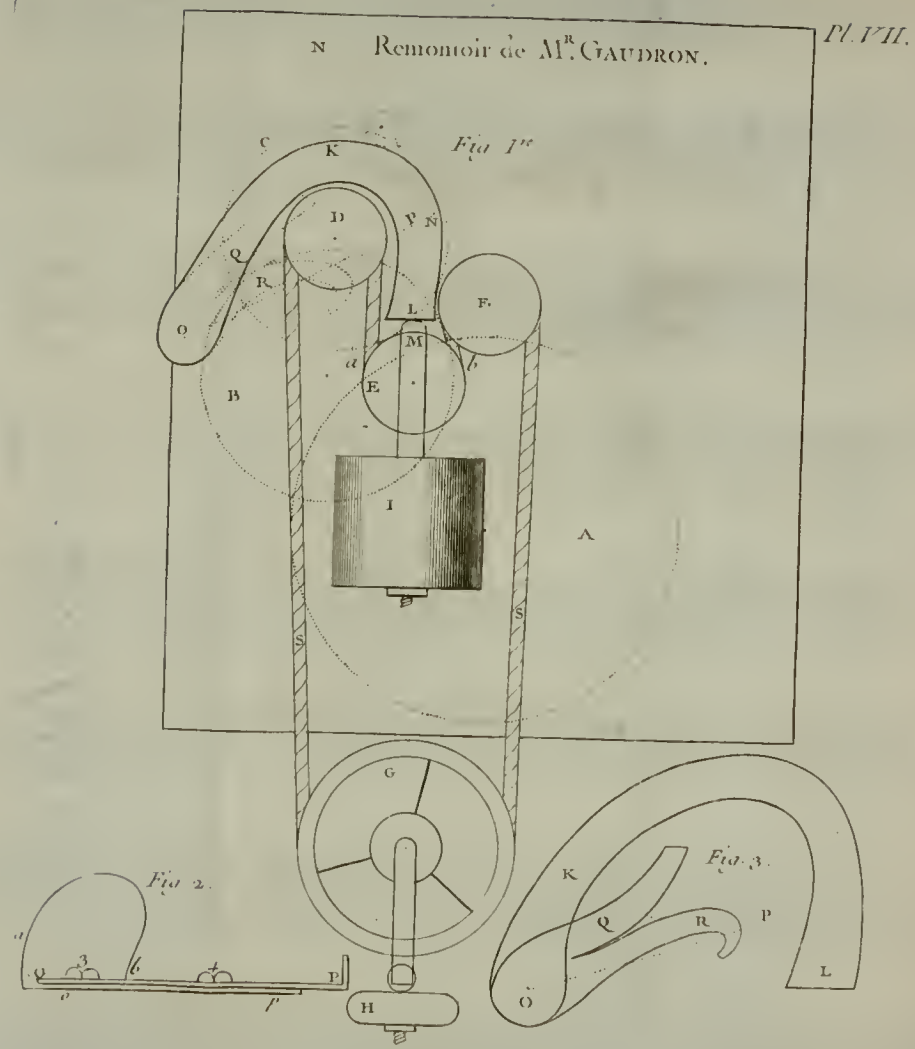


Fig 3.e




Pl. VII.
Remontoir de Mr. GAUDRON.
Fig 1re
Fig 2.
Fig 3.

Pendule qui est continuellement remontée par le seul mouvement de l'air. *Planche VIII.*

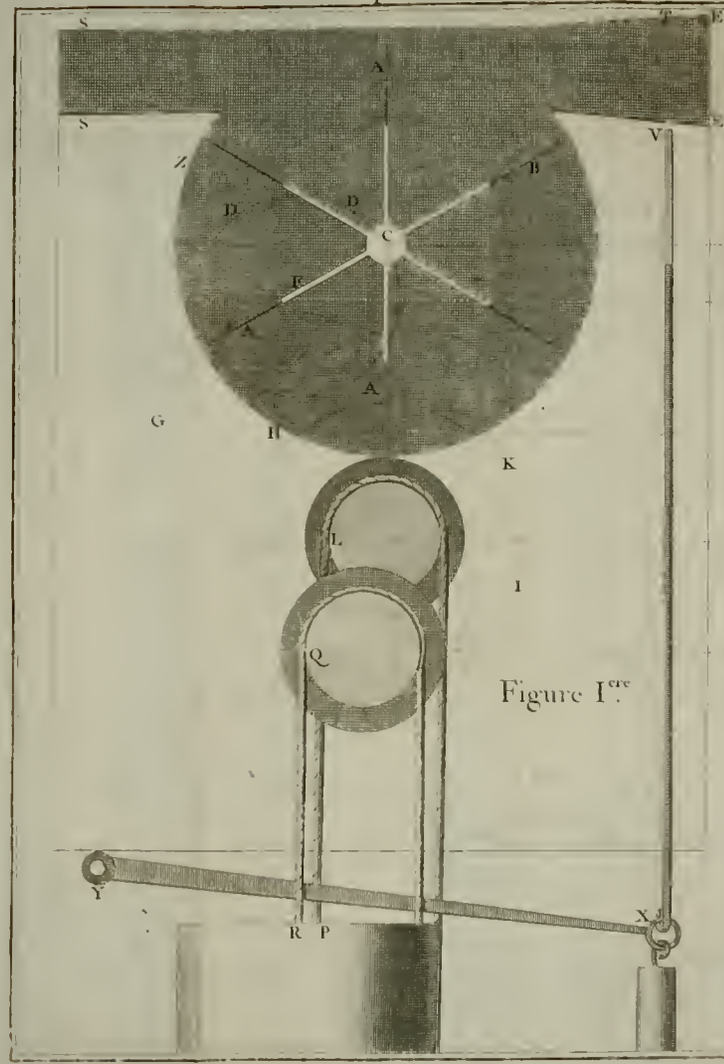


Figure Iere

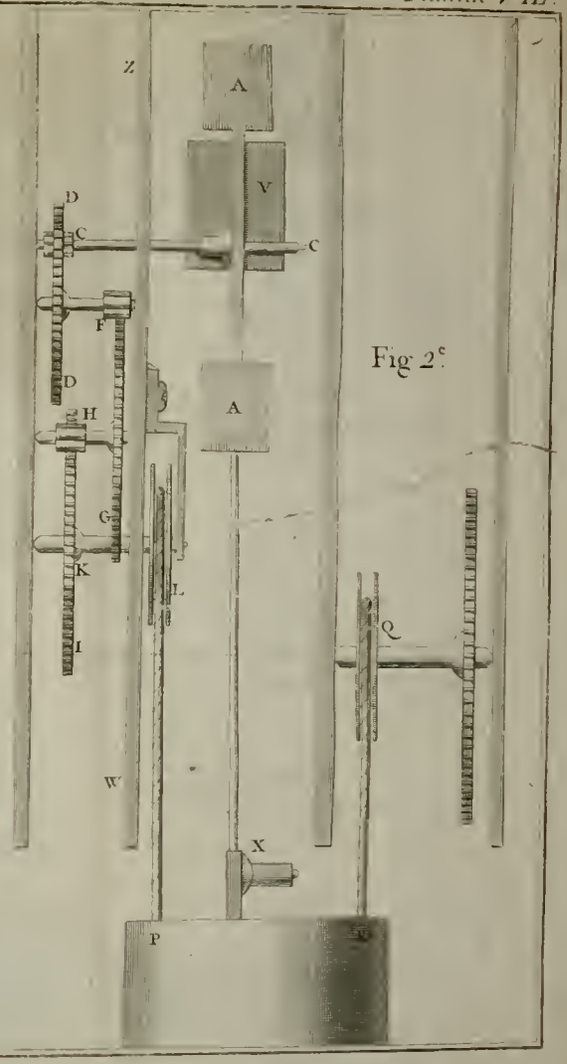
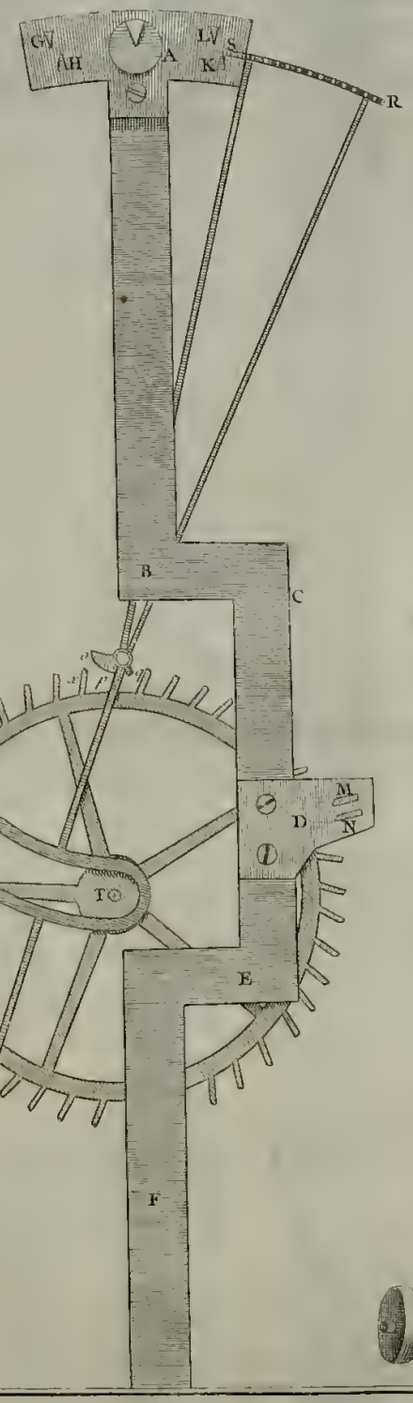
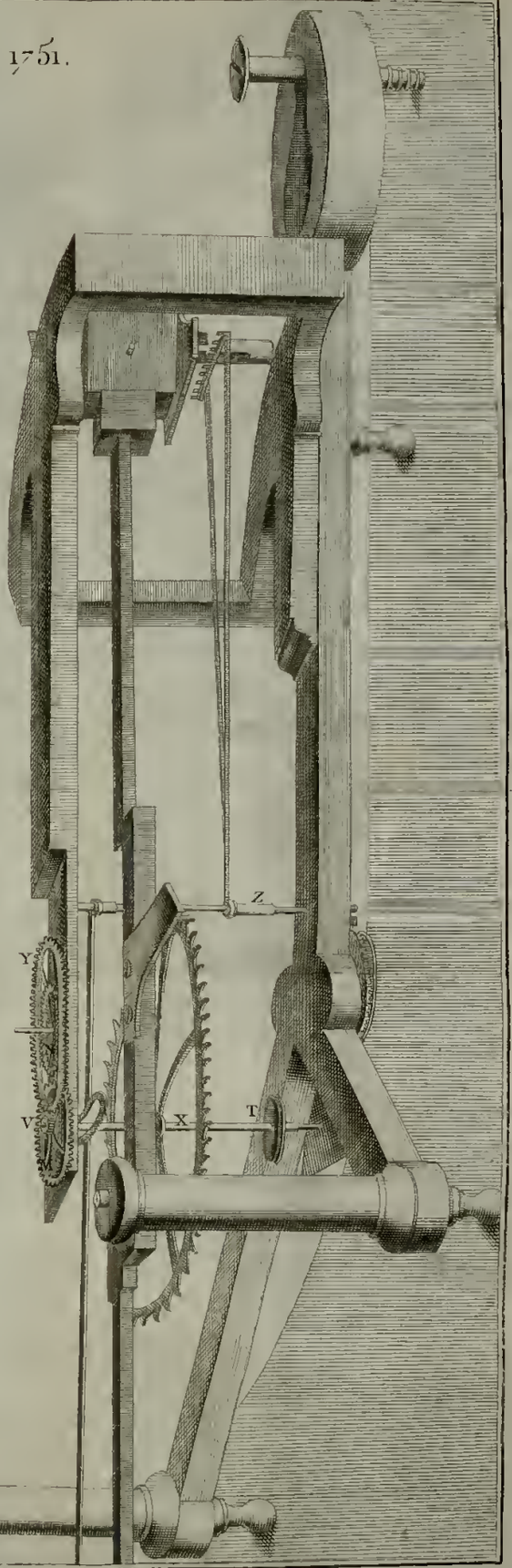
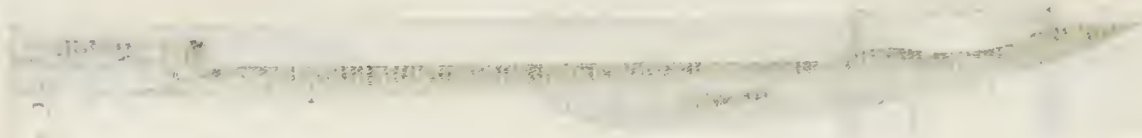


Fig 2^e

Pendule à une Roüe, faite en 1751.







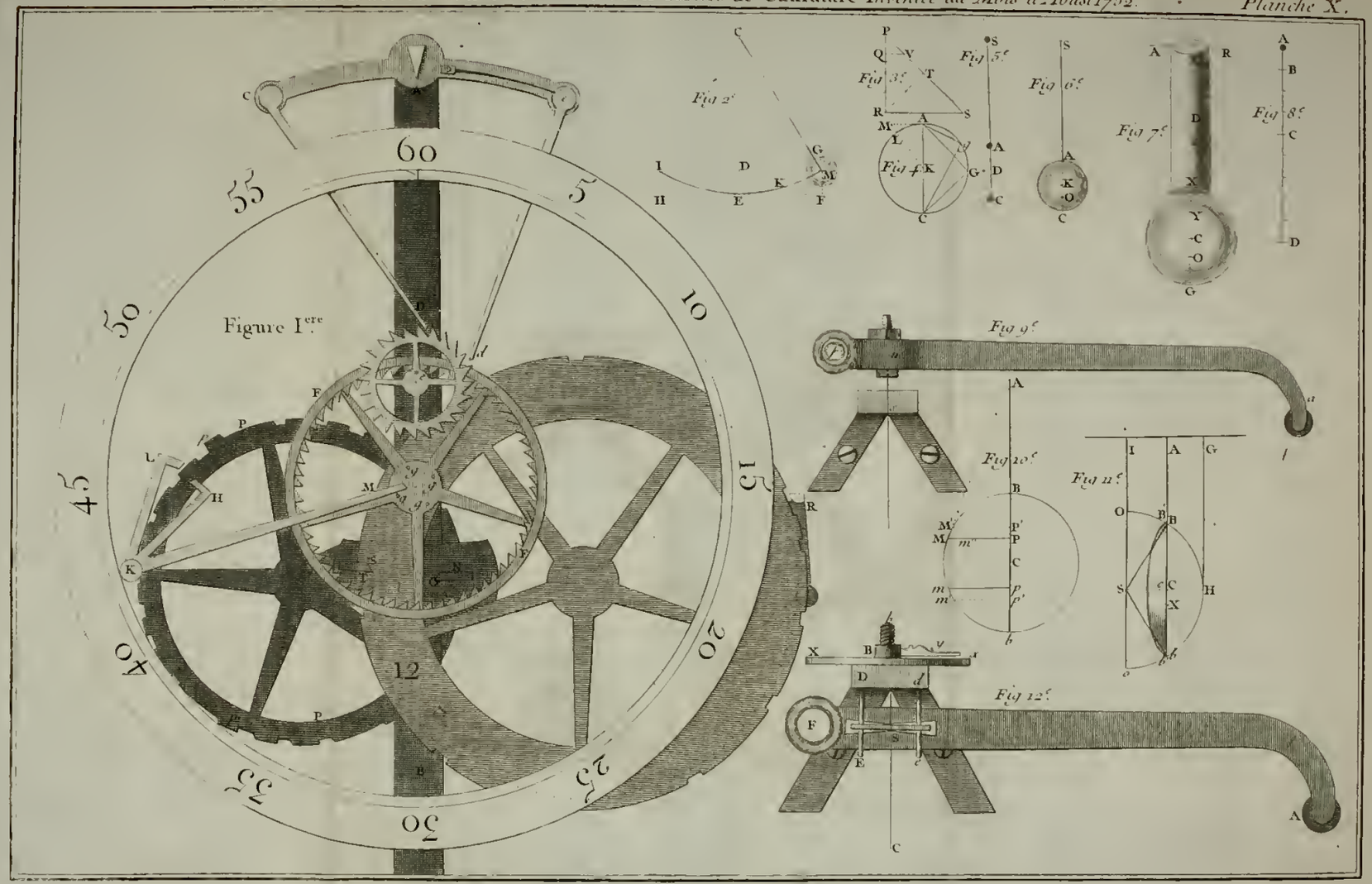
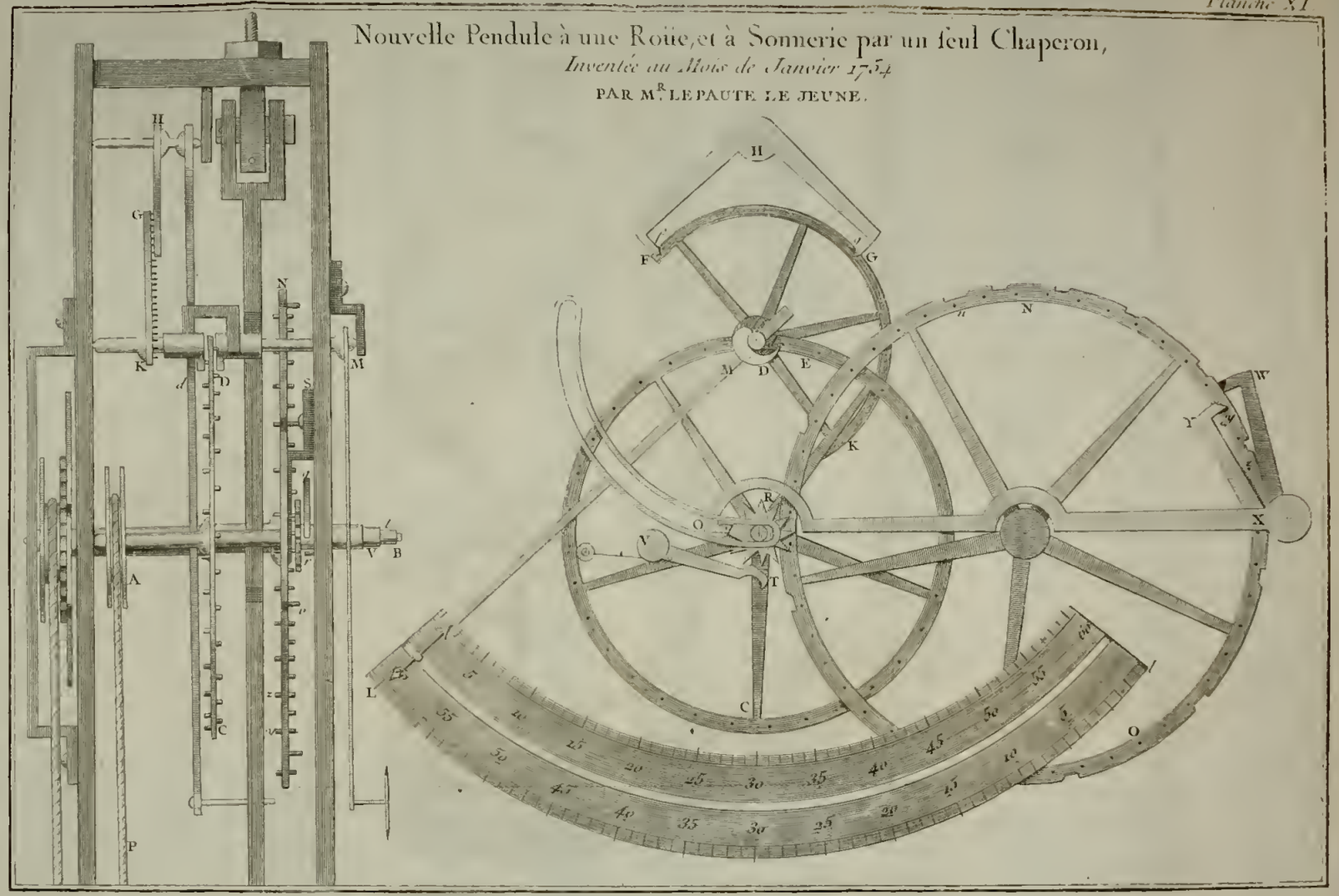


Figure Iere
Fig 2^e
Fig 3^e
Fig 4^e
Fig 5^e
Fig 6^e
Fig 7^e
Fig 8^e
Fig 9^e
Fig 10^e
Fig 11^e
Fig 12^e

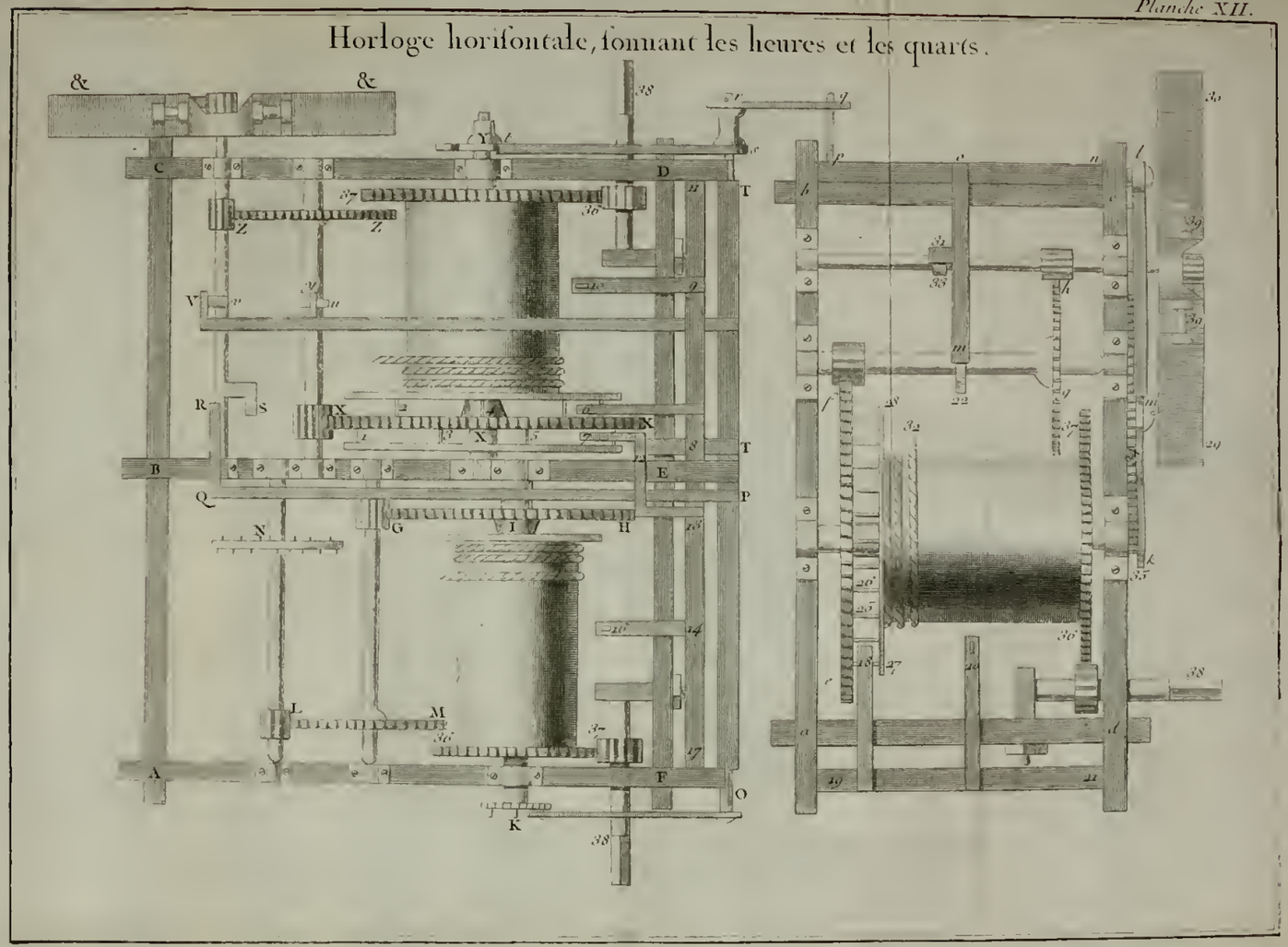
Nouvelle Pendule à une Roüe, et à Sonnerie par un seul Chaperon,

Inventée au Mois de Janvier 1754

PAR Mr. LEPAUTE LE JEUNE.



Horloge horifontale, fonnant les heures et les quarts.



Figures des meilleurs échapemens soit pour les Pendules, soit pour les Montres.

Figure Iere.

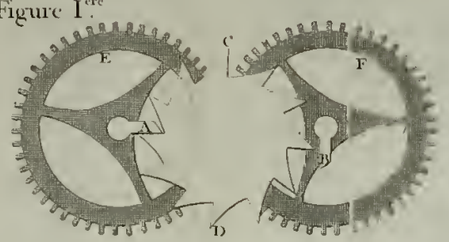
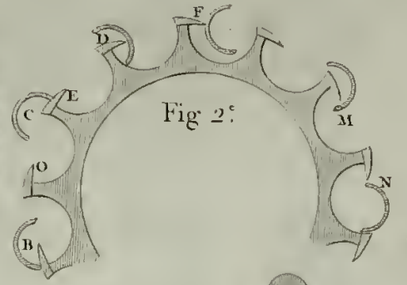


Fig 2^e.



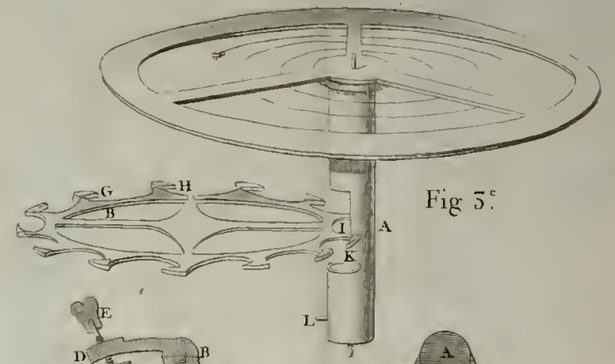


Fig 3^e.

Fig 4^e.

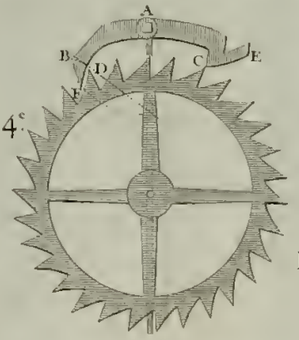
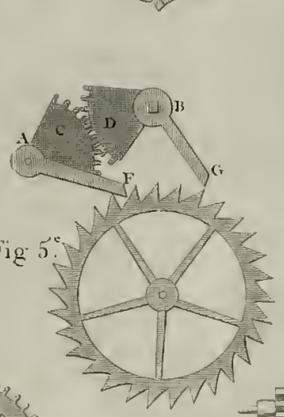


Fig 5^e.



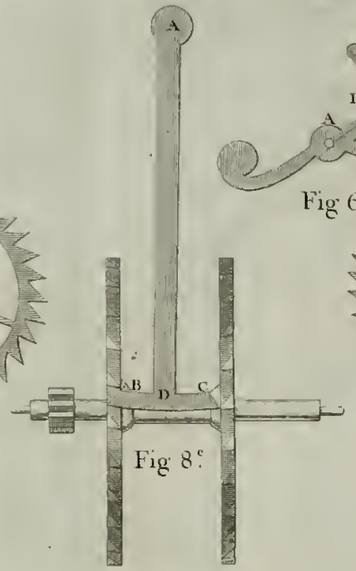


Fig 6^e.

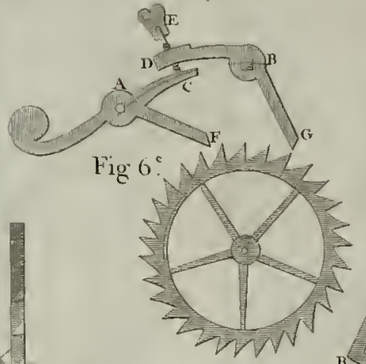


Fig 7^e.

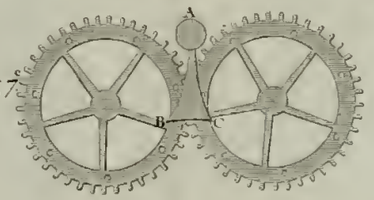
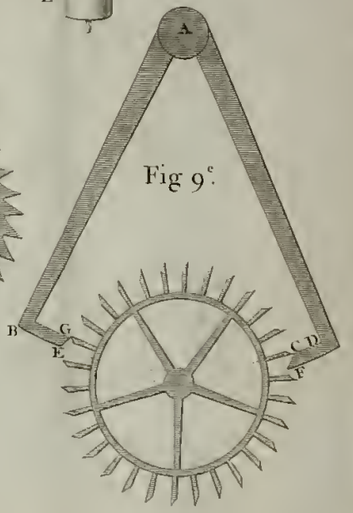
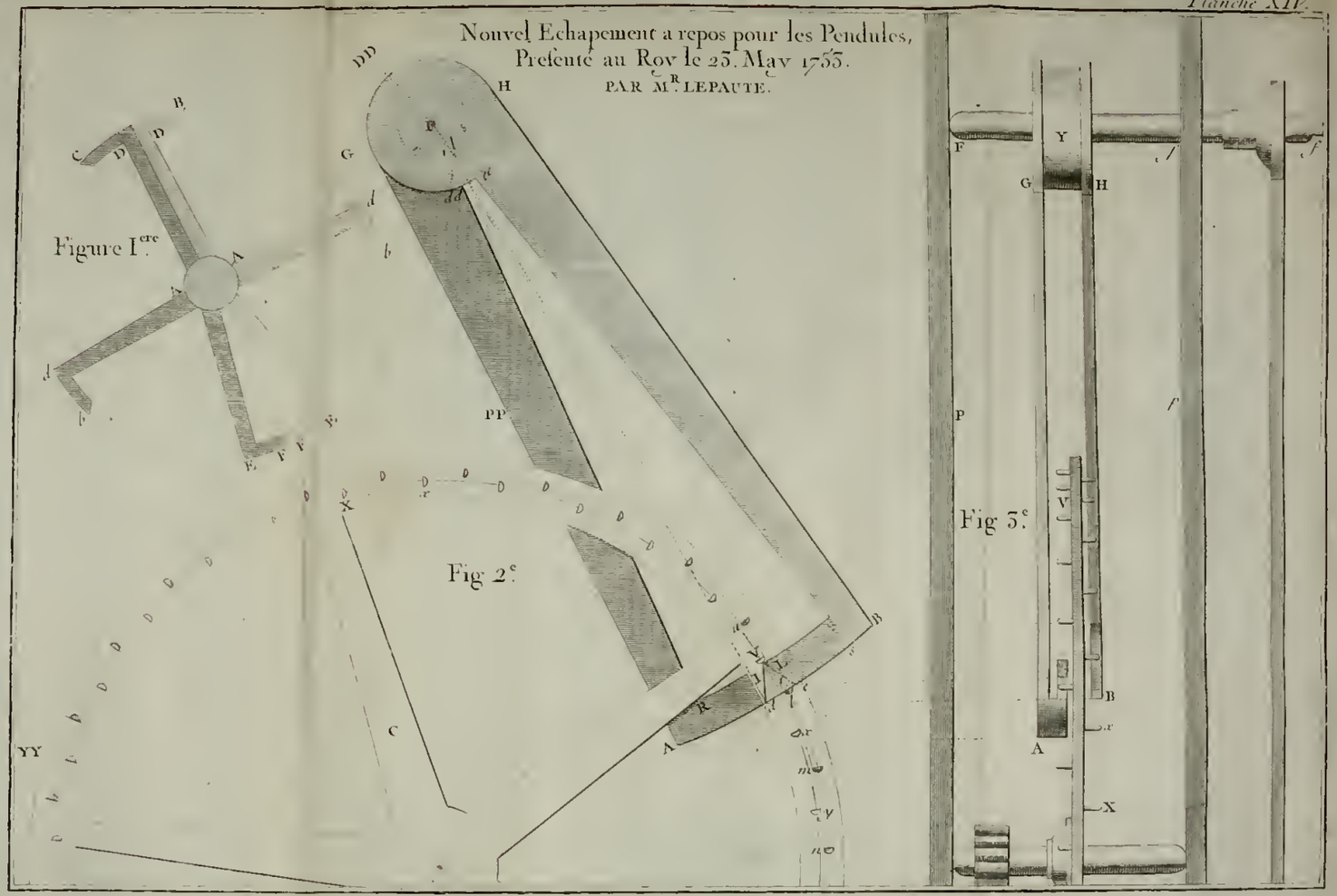


Fig 8^e.

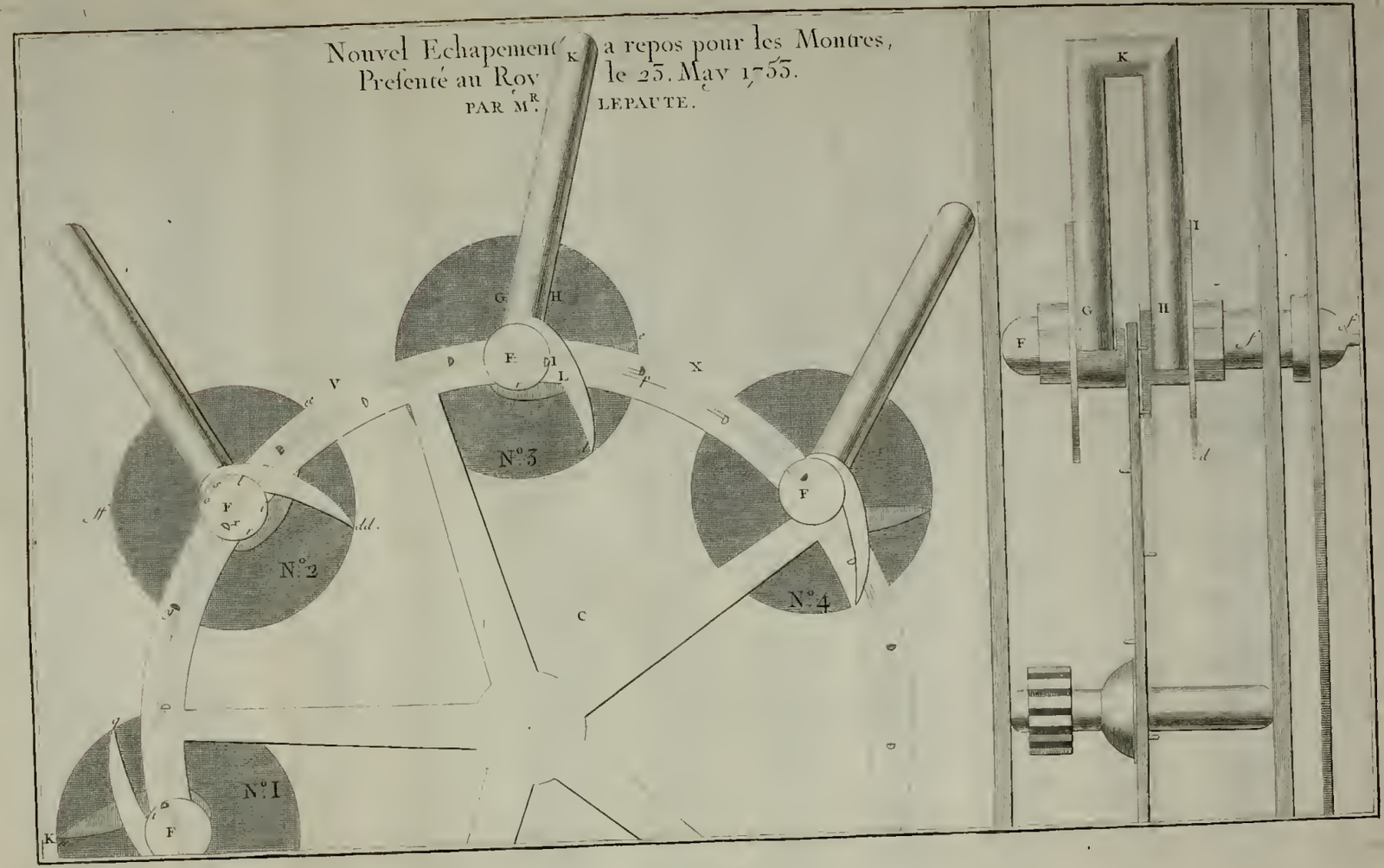
Fig 9^e.



Nouvel Echapement a repos pour les Pendules,
Presenté au Roy le 23. May 1753.
PAR M.R LEPAUTE.



Nouvel Echapement a repos pour les Montres,
Presenté au Roy le 25. May 1755.
PAR M.R LEPAUTE.



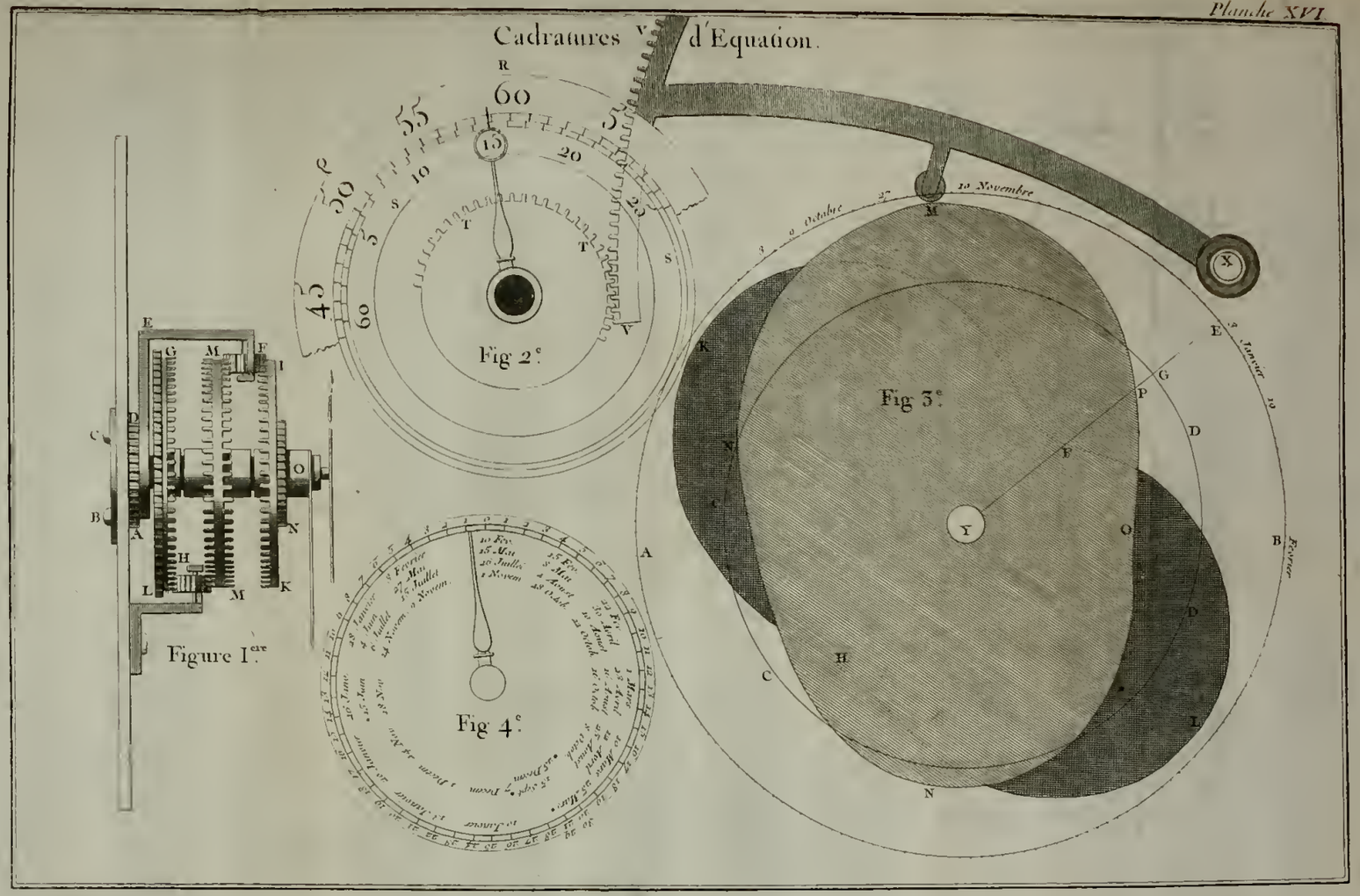
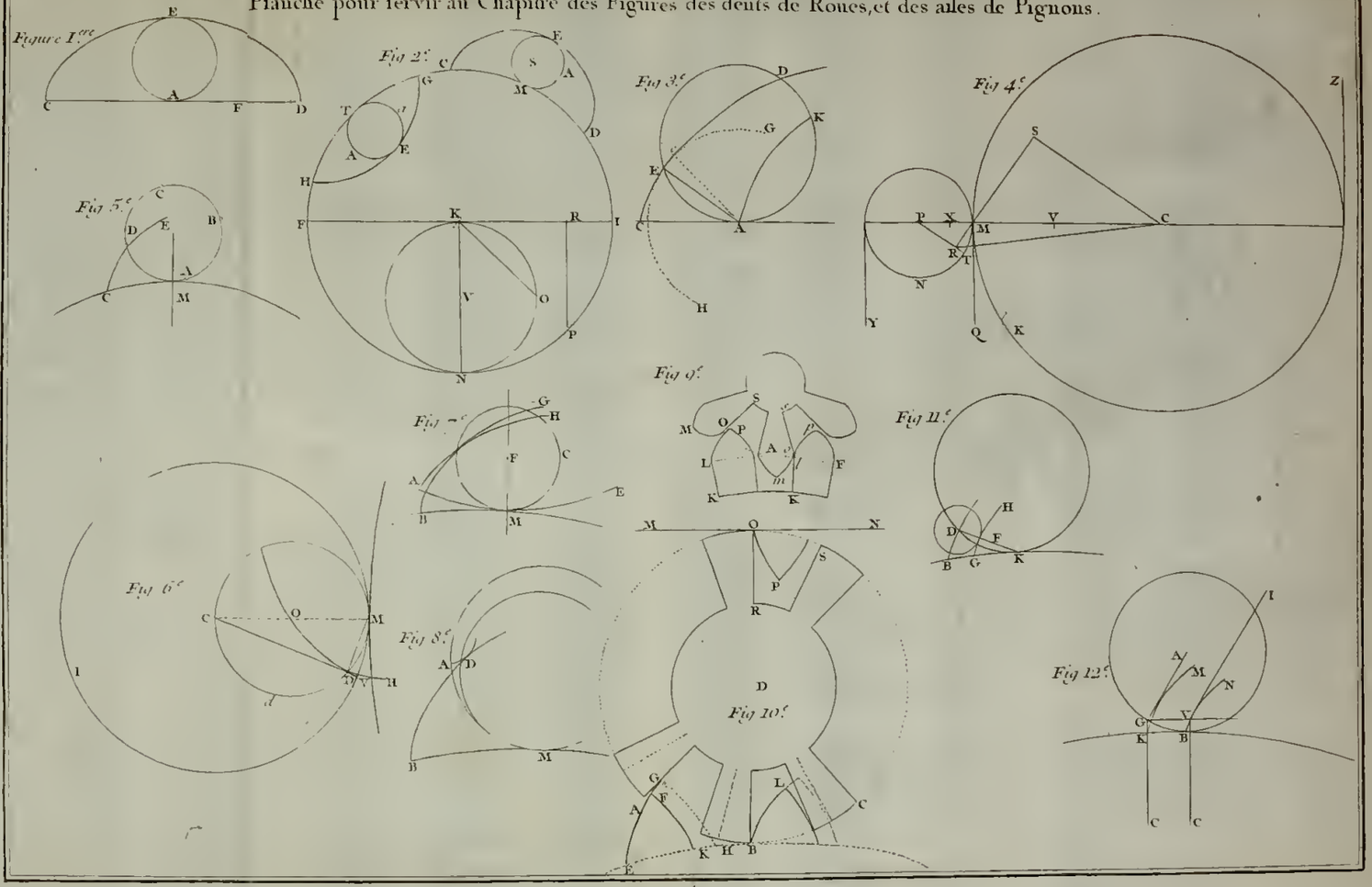

Cadratures
d'Equation.
Figure 1.ere
Fig 2.e
Fig 3.e
Fig 4.e

Planche pour servir au Chapitre des Figures des dents de Roües, et des ailes de Pignons.



Catalogué par
nom d'auteur

$1400.00

ODZXX

H539

(4), xxviii, 308; xxxv, 12; 4, pp. 17 plates.

" 1x 8/84

SPECIAL 84-B
30259

THE J. PAUL GETTY CENTER
LIBRARY